Bibliothek
asburg

III. 184. 7.

1936.VII

Physikalischer
Kinderfreund

Von

Gerhard Ulrich Anton Vieth
Director der Hauptschule und Professor der Mathematik
zu Dessau.

Siebentes Bändchen.

Mit 4 Kupfertafeln.

Leipzig,
bey Johann Ambrosius Barth. 1804.

1.

Brechung des Lichts in ebenen Gläsern.

V. Wir haben in unsern vorigen Unterhaltungen schon die Gesetze der Brechung des Lichts einigermaaßen durch einen leichten Versuch kennen gelernt, da man nemlich ein Geldstück auf den Boden eines Gefäßes legt und sich so stellt, daß der Rand noch gerade die Münze verdeckt, die nun, sobald Wasser in das Gefäß gegossen wird, mit dem Boden scheinbar etwas in die Höhe gehoben und sichtbar wird; oder da man einen Stock schief in das Wasser hält, der dann wie gebrochen erscheint. Wir wollen jetzt einige Anwendungen dieser Gesetze bey optischen Werkzeugen betrachten. Wie war das gefundene Gesetz der Brechung?

W. Das Hauptgesetz war: Licht, welches aus einem dünneren Mittel in ein dichteres übergeht, wird nach dem Einfallslothe zu, wenn es

aber aus einem dichteren in ein dünneres übergeht, von dem Einfallslothe weggebrochen. Bey Luft und Glas verhält sich der Einfallswinkel zum Brechungswinkel, oder eigentlich deren Sinus wie 3 zu 2, bey Luft und Wasser wie 4 zu 3, ohne nemlich auf kleine Abweichungen wegen verschiedener Dichtigkeit der Glasarten und des Wassers Rücksicht zu nehmen. Beym Ausfahren aus Glas in Luft ist also das umgekehrte Verhältniß: 2 zu 3, oder aus Wasser in Luft 3 zu 4. Diese speziellen Gesetze der Brechung kann man durch leicht anzustellende Versuche bestätigt finden.

Bey ebenen Gläsern mit parallelen Seitenflächen wird der ausfahrende Strahl wieder mit dem einfallenden parallel, wovon Sie uns den Beweis zu suchen aufgaben: *) Es sey Fig. 1. AB der einfallende Strahl, welcher nach C hin verlängert, mit dem Einfallslothe BG den Winkel CBG macht. Theilet man diesen Winkel (eigentlich dessen Sinus) in drey gleiche Theile und giebt dem Brechungswinkel (oder dessen Sinus) zwey solcher Theile, so ist BD der gebrochene Strahl und der Winkel DBG ist zwey Drittel des Einfallswinkels. Den Strahl BD betrachten wir nun beym Uebergange aus Glas in Luft als einfallenden Strahl, verlängern ihn nach E, ziehen das Einfallsloth DH, so ist der Einfallswinkel EDH. Diesen theilen wir in zwey gleiche Theile und

*) Physikal. Kinderfreund. 6ter Th. S. 262.

und geben dem Brechungswinkel drey solcher Theile, so ist DF der gebrochene oder ausfahrende Strahl. Da nun der Winkel EDH gleich dem Winkel DBG ist, (als gleichliegende Winkel bey den parallelen Einfallslothen BG und DH) so ist auch FDH gleich CBG, oder auch FDE gleich CBD, folglich der ausfahrende Strahl DF parallel mit dem einfallenden AB.

V. Gut bewiesen! Es ist ein leichter Beweis aus geometrischen Sätzen, womit ich euch schon bekannt gemacht habe. Was bey solchen Gläsern erfolgt, deren Flächen zwar eben, aber nicht parallel sind, wie Fig. 2., das haben wir, wenn ich nicht irre, auch schon betrachtet.

W. Sie haben uns schon vor einiger Zeit an einem Glasprisma das schöne Phänomen der Farbenzerstreuung kennen gelehrt.

V. So hätten wir denn von Brechung des Lichts in Gläsern, die von ebenen Seitenflächen begränzt sind, eben nichts Besonderes weiter zu bemerken; es wären denn etwa noch die vieleckig geschliffenen Gläser, wie die Glaszierrathen an Kronleuchtern, in denen sich das Licht mit buntem Farbenspiele bricht, oder die eigens dazu geschliffenen Polyedren, durch welche man einen Gegenstand vervielfältigt erblickt, wovon ich euch hier eins vorzeigen will.

2.

Brechung des Lichts in krummen Gläsern.

B. Wichtiger sind für die Naturwissenschaften die Gläser, welche von sorgfältig geschliffenen krummen Flächen begränzt werden, und dabey müssen wir uns nun ein wenig verweilen, um ihre Wirkungen deutlich einsehen zu lernen.

Die Krümmung, die man den Gläsern zu optischem Gebrauche giebt, ist beynahe nur von einer einzigen Art, nemlich die einer Kugelfläche. Andere Krümmungen kommen fast gar nicht vor, weil der Zweck bey den Gläsern zu optischem Gebrauch dieser ist, Strahlen, die von irgend einem Puncte herkommen, durch das Glas so zu lenken, daß sie sich in einem andern Puncte entweder wirklich, oder nur in Gedanken verlängert vereinigen.

Diese Eigenschaft nun haben die Gläser, welche eine kugelähnliche Krümmung haben. Zwar läßt sich zeigen, daß nicht die eigentliche sphärische Gestalt zu diesem Zwecke die beste sey; allein sie thut hinlänglich gute Dienste und ist leichter zu schleifen, als diejenige Krümmung, welche genau genommen die vollkommenste wäre, so wie sich ein Kreis leichter und richtiger zeichnen läßt, als eine Parabel.

Von

Von cylindrisch gekrümmten Gläsern kann man wenig oder gar keinen nützlichen und wissenschaftlichen Gebrauch in Rücksicht auf Brechung der Lichtstrahlen machen.

Conische Gläser werden noch wohl zu optischen Belustigungen, wie das dreyseitige Glasprisma, gebraucht, um Farbenzerstreuung dadurch hervorzubringen. Wenn man ein solches Glas in die Oeffnung eines Fensterladens setzt, so zeigt sich in dem verfinsterten Zimmer ein völliger Kreis mit den bekannten schönen Regenbogenfarben.

Also wir haben es hauptsächlich nur mit sphärischen Gläsern zu thun, und diese können von verschiedener Art seyn. Wir wollen uns zuvörderst eine kurze Uebersicht hiervon verschaffen und sie gehörig classificiren. Wir unterscheiden also:

1. Sammlungsgläser, welche die Strahlen, die von einem Punct ausgehen und auf die Vorderfläche auffallen, nach der Brechung sammeln, das heißt, mehr convergiren oder weniger divergiren machen. Man kann sie auch im Allgemeinen Convexgläser nennen; denn wenn auch nicht gerade beyde Seiten convex sind, so muß doch die convexe Fläche die stärkste Wirkung äußern. Zu dieser Gattung gehören:

a) solche, die auf beyden Seiten convex sind. Hier sind nun

α) entweder die beyden Halbmesser der vordern und hintern Fläche einander gleich, und zwar können die beyden Flächen

aa) ent-

aa) entweder vollkommene Halbkugelflächen seyn (also das ganze Glas eine völlige Kugel), Fig. 3.

bb) oder kleinere Segmente, linsenförmige Gläser, wie die gewöhnlichen Brenngläser und die meisten Convexgläser überhaupt. Fig. 4.

β) oder die beyden Halbmesser ungleich, welches auch linsenförmige, aber ungleich gekrümmte Gläser giebt. Fig. 5.

b) solche, die nur auf einer Seite convex sind. Die andere Seite ist hier

α) entweder eben (Planconvexgläser). Man kann bey solchen Gläsern auch die ebene Seite als ein Segment einer Kugelfläche von unendlich großem Halbmesser ansehen. Fig. 6.

β) oder hohl: nämlich so, daß der Halbmesser der hohlen Seite größer, als der Halbmesser der erhabenen Seite ist (convex-concav). Diese Gläser werden auch Menisci genannt. Der Durchschnitt derselben ist mond- oder sichelförmig. Fig. 7.

2. Zerstreuungsgläser, welche die von einem Puncte ausgehenden und auf die Vorderfläche fallenden Lichtstrahlen nach der Brechung zerstreuen, das heißt, mehr divergiren oder weger convergiren machen. Man kann sie im Allgemeinen auch Concavgläser nennen, weil, wenn

auch

auch nicht gerade beyde Seiten concav sind, doch wenigstens die concave Fläche die größte Wirkung thun muß. Wir können sie, wie vorhin die Convergläser, eintheilen in

a) solche, die auf beyden Seiten concav sind (concav = concav);

α) beyde Flächen von gleichen Halbmessern, Fig. 8.

β) beyde von ungleichen Halbmessern, Fig. 9.

b) solche, die nur auf einer Seite concav sind. Die andere Seite ist alsdann

α) entweder eben (plan = concav), wo man der Allgemeinheit wegen die ebene Seite auch wohl als ein Stück einer Kugelfläche von unendlich großem Halbmesser ansehen kann; Fig. 10.

β) oder convex, nemlich so, daß der Halbmesser der convexen Seite größer, als der Halbmesser der concaven Seite wäre. Diese Art von Gläsern ist indessen nicht bey optischen Werkzeugen im Gebrauche. Fig. 11.

3.

Fortsetzung.

Eine genaue Untersuchung, wie die Strahlen durch alle diese Arten von Gläsern von ihrem Wege abgelenkt werden, würde für euch, meine Lieben! obgleich ihr in der Arithmetik und Geometrie nicht ganz ununterrichtet seyd, doch noch viel zu schwer und zu weitläuftig werden. Indessen muß ich euch doch die Hauptsachen, so viel möglich, bekannt zu machen suchen.

1. Wenn ein Strahl auf die Mitte des Glases senkrecht auffällt, so geht er ungebrochen durch, denn weil er auf die Vorderfläche senkrecht trifft, so wird er hier nicht gebrochen; und in der hintern Fläche beym Ausgange in die Luft ebenfalls nicht, denn (wie ihr leicht aus jeder der gezeichneten Figuren sehen werdet) er trifft bey seinem Ausgange eine Stelle, die mit der, wo er einfiel, parallel ist, steht folglich auch auf dieser senkrecht, wie auf jener, und geht ungebrochen durch.

2. Wenn ein Strahl auf die Mitte des Glases, wenn auch nicht eben senkrecht, auffällt, so kann man in der Voraussetzung, daß die Dicke des Glases nicht sehr in Anschlag kommt, ebenfalls annehmen, daß der Strahl ungebrochen durchgehe. Er wird zwar bey seinem Eintritt in das

das Glas etwas von seinem Wege abgelenkt, trifft aber bey seinem Ausgange in die Luft eine Stelle der hintern Fläche, welche mit der, wo er einfiel, parallel ist; mithin ist der ausfahrende Strahl mit dem einfallenden auch parallel, und da wegen unbeträchtlicher Dicke des Glases die Ablenkung innerhalb der Glasmasse auch unbedeutend ist, so kann man ohne Fehler annehmen, daß er ungebrochen durchgehe.

Der Strahl oder die Linie, welche mitten durch das Glas senkrecht hindurchgehet, also die Mittelpuncte der beyden Kugelsegmente trifft, heißt die Axe oder Hauptaxe des Glases. Ein anderer auf die Mitte schief einfallender Strahl eine Nebenaxe. Wenn die Hauptaxe auf die Mitte sowohl der vordern als der hintern Fläche, wie sichs gehört, senkrecht steht, so sagt man, das Glas sey richtig centrirt; weil die Centra oder Mittelpuncte der Kugelflächen in derselben liegen. Wenn aber eine, z. B. die Hinterfläche, so läge, daß die Hauptaxe sie nicht senkrecht träfe, so wäre das Glas unrichtig centrirt. Die Mittelpuncte der Kugelflächen lägen dann so, daß eine gerade Linie von einem zum andern nicht durch die Mitte des Glases gienge.

So wäre z. B. Fig. 12. ein richtig centrirtes Glas, weil die Linie zwischen beyden Mittelpuncten C und D durch die Mitten der vordern und hintern Fläche M und N senkrecht geht. Hingegen ist Fig. 13. ein unrichtig centrirtes Glas, weil die

Linien

Linien von den Mittelpuncten C und D nach den Mitten der Flächen N und M nicht in eine gerade Linie zusammenfallen.

Bey concaven Gläsern werdet ihr euch leicht dasselbe für euch entwerfen können.

4.

Fortsetzung.

Nun wollen wir die Strahlen betrachten, welche nicht auf die Mitte des Glases auffallen, und sehen, wie sie durch Brechung von ihrem vorigen Wege abgelenkt werden. Die Wirkung der Gläser mit gekrümmten Flächen im Allgemeinen kennt ihr schon und werdet daraus leicht einsehen, daß die Untersuchung über den Weg, den die durch solche Gläser gebrochenen Strahlen nehmen, sehr wichtig sey; darauf beruht nemlich die ganze Einrichtung der optischen Werkzeuge, die uns so viel Vergnügen gewähren. Diese kleinen, regelmäßig von der Hand des Künstlers geschliffenen Gläser, wie weit bringen sie uns über die Gränzen hinaus, welche die Natur unserem Gesichtsorgan in seinem unbewaffneten Zustande vorgeschrieben hat! Unbewaffnet — inermis — so characterisirt die Naturgeschichte den Menschen, wie er aus den Händen der Natur kommt. — Und in der That,

das

das ist er in jeder Hinsicht; aber wie bewaffnet er sich mit den Kräften und Dingen außer sich! Unbewaffnet gegen Angriffe anderer Geschöpfe setzt ihn die Natur gleichsam auf einen Kampfplatz, wo Thiere mit Zähnen und Klauen und Stacheln und Gift bewaffnet ihm weit überlegen scheinen — aber wie weit überlegen wird er ihnen, wenn er sich durch seine Geisteskraft mit allen erborgten Mitteln ausrüstet! Unbewaffnet gegen Nässe und Kälte und Hitze, stellt ihn die Natur unter Geschöpfe, die sie alle mütterlich mit angebornen Bedeckungen, mit Pelzen, Schaalen und Gehäusen versorgte; aber durch die Kraft seines Geistes verschafft er sich Schutz gegen alle Elemente. Unbewaffnet versah ihn die Natur mit Organen von eingeschränkter Kraft, aber durch die Kraft seines Geistes bewaffnet er sich mit Werkzeugen, wodurch er den Wirkungskreis seiner Muskeln und seiner Sinne weit über die natürliche Gränze hinaus erweitert. So bey dem Auge, wovon wir hier reden. Die Kunst des Glasschleifers verbessert nicht nur zufällige Fehler dieses kostbaren Organs, sondern hebt seine natürliche Einschränkung auf. Eine Zusammensetzung kleiner Stücke Glas — und eine neue Welt öffnet sich in der Ferne und in der Nähe. Unzählige Sonnen erscheinen im unendlichen Raume des Himmels und unzählige lebende Geschöpfe in dem kleinsten Wassertröpfchen. Wahrlich, diese geschliffenen Glasstückchen, die uns zu so vielem Vergnügen, zu so vielen Entdeckun-

deckungen verhelfen, verdienen wohl, daß wir uns mit der Theorie ihrer Wirkungen genauer bekannt machen.

Ich mache absichtlich einen kleinen Eingang zu unserer Untersuchung, um euch von der Wichtigkeit der Sache zu überzeugen, damit ihr um so weniger ermüdet, wenn ihr bey dem, was wir jetzt betrachten wollen, einige Schwierigkeit finden möchtet. Die Geübteren unter euch, denen die Anfangsgründe der Geometrie und Buchstabenbezeichnung nicht mehr ganz fremd sind, werden sich ohne Zweifel mit einiger Beharrlichkeit (die bey allen Dingen nützlich und nothwendig ist) wohl durcharbeiten.

5.

Fortsetzung.

Wir wollen zuerst die Brechung in einer einzigen Kugelfläche (wie z. B. bloß die Vorderfläche eines Brennglases) untersuchen. Dazu wollen wir uns folgende Figur entwerfen. (Fig. 14.) Hier sey HI ein Durchschnitt eines Stücks der Kugelfläche. Der zu dieser Kugel gehörige Mittelpunct sey C. Die Achse, oder die durch die Mitte des Glases senkrecht, also durch den Mittelpunct gehende Linie sey AD.

Nun

Nun falle von irgend einem leuchtenden Puncte in der Achse, z. B. von A, ein Lichtstrahl auf die Kugelfläche in E.

Um den Weg des gebrochenen Strahls zu finden, müssen wir nun zuvörderst in dem Puncte E das Einfallsloth ziehen; und wie wäre dies wohl leicht zu finden?

W. Da es senkrecht auf dem Kreisbogen in E stehen soll, so braucht man nur den Halbmesser dieses Bogens CE durch den Punct E hindurchzuziehen.

V. Diese Linie bey G verlängert, giebt also den Einfallswinkel AEG, welcher seinem Verticalwinkel CEF gleich ist. Um den Brechungswinkel zu finden, das heißt, den Winkel zu finden, den der gebrochene Strahl hinter der Kugelfläche mit dem Einfallslothe macht, müssen wir uns nun an das Brechungsverhältniß von Luft in Glas erinnern.

W. Der Sinus des Einfallswinkels in der Luft verhielt sich zum Sinus des Brechungswinkels im Glase wie 3 zu 2.

V. Richtig: und weil die Winkel bey diesen Untersuchungen gewöhnlich so klein sind, daß man ohne Fehler die Verhältnisse der Winkel selbst den Verhältnissen ihrer Sinus gleich setzen kann, so können wir auch kurz sagen: der Einfallswinkel verhält sich zum Brechungswinkel wie 3 zu 2, oder der Brechungswinkel ist $\frac{2}{3}$ vom Einfallswinkel.

Nun

Nun würdet ihr den Weg des gebrochenen Strahls gewiß leicht zeichnen können.

W. Man braucht nur den Verticalwinkel des Einfallswinkels, nemlich den Winkel CEF in drey gleiche Theile zu theilen und den Brechungswinkel GED zwey solcher Theile groß zu machen. Der gebrochene Strahl geht also von E nach D, wo er sich mit der Achse schneidet.

6.

Fortsetzung.

B. Eine Frage, die ihr mir nun aus dieser Zeichnung schon leicht beantworten könnet, wäre diese: wird bey einem und eben demselben Glase der Punct D, wo sich der gebrochene Strahl mit der Achse vereinigt, wohl immer auf derselben Stelle bleiben, wenn der Punct A weiter wegrückt?

W. Nein! denn je weiter A wegrückt, desto kleiner wird der Einfallswinkel AEG oder CEF, folglich auch desto kleiner die $\frac{2}{3}$ desselben, die den Brechungswinkel ausmachen. Der gebrochene Strahl ED wird also mit dem Halbmesser EC einen kleinern Winkel machen, oder der Punct D wird näher nach C hinrücken.

B.

V. Gut! Und wenn nun der Punct A, von dem die Strahlen herkommen, unendlich weit wegrückt, wie z. B. der Mittelpunct der Sonnenscheibe, von dem Strahlen auf ein Brennglas fallen?

W. So wird der einfallende Strahl AE parallel mit der Axe AB auf die Glasfläche kommen.

V. Und der Einfallswinkel AEG wäre dann?

W. Eben so groß, als der Winkel BCE.

V. Der Fall verdient, daß wir einen Augenblick dabey verweilen, weil wir bey unsern optischen Werkzeugen fast am meisten mit solchen so gut wie parallel einfallenden Strahlen zu thun haben. Versuche einmal, ob du durch eine Zeichnung die Weite bestimmen kannst, in welcher für diesen Fall der gebrochene Strahl hinter der Glasfläche in die Achse trifft.

W. Die Figur dazu hätte ich entworfen. (Fig. 15.)

V. Nun, und was findest du darauf, wenn du das Dreyeck CED aufmerksam betrachtest?

W. Die Linie CD scheint ziemlich genau zweymal so groß zu seyn, als der Halbmesser der Kugelfläche CE.

V. So ist es wirklich; und wenn dich auch nicht der Augenschein und die Messung davon belehrten, so könntest du es schon aus der schon bekann=

kannten trigonometrischen Proportion zwischen Seiten und Winkeln finden.

W. Die Seiten verhalten sich wie die Sinus der gegenüberliegenden Winkel.

V. Oder weil hier die Winkel klein sind, sehr nahe, wie die Winkel selbst. Weiter!

W. Es muß sich also CD zu CE verhalten, wie der Brechungswinkel CED zu dem Winkel bey D. Letzterer aber ist für diesen Fall gleich dem Wechselwinkel DEF, und CED verhält sich zu DEF wie $\frac{2}{3}$ zu $\frac{1}{3}$, oder wie 2 zu 1, also auch CD doppelt so groß, als CE.

V. Und folglich die Vereinigungsweite BD dreymal so groß, als der Halbmesser der Kugelfläche.

W. Offenbar! Allein das wäre ja wohl nur anwendbar, wenn der Lichtstrahl immer im Glase bis D fortgehen könne; allein er fährt doch wieder aus der Hinterfläche des Glases heraus.

V. Da hast du ganz recht; aber wir thun am besten, uns die einfachern Fälle erst deutlich zu entwickeln, und wollen also vor der Hand noch annehmen, die Glasmasse reiche bis über D hinaus, um mit ausfahrenden Strahlen anfangs nichts zu thun zu haben.

---

7. Fort-

7.

Fortsetzung.

W. Das Bisherige war leicht zu finden.

V. Auch das Folgende wird nicht über deine Kräfte seyn. Wir wollen nemlich jetzt untersuchen, ob sich nicht ein allgemeiner Ausdruck für die Vereinigungsweite BD finden lasse. Wir wollen zu dem Ende, um uns kürzer ausdrücken zu können, die Winkel, welche wir brauchen, mit einzelnen Buchstaben bezeichnen. Der Winkel bey A (Fig. 14.) an der Achse heiße α, der Einfallswinkel AEG $= \epsilon$, der Brechungswinkel CED $= \beta$, der Winkel am Mittelpunct der Kugelfläche BCE $= \gamma$, der am Vereinigungspuncte D $= \delta$.

Nun erinnern wir uns vorläufig an folgenden geometrisch-optischen Satz: wenn ein Gegenstand aus verschiedenen Entfernungen gesehen wird, so verhalten sich die Winkel, unter denen man ihn sieht, umgekehrt wie die Entfernungen; in der Voraussetzung nemlich, die hier wirklich Statt findet, daß die Winkel klein sind.

W. Ich erinnere mich, daß wir diesen Satz schon gehabt haben. Sie bemerkten, daß der Satz genau genommen und bey großen Winkeln

keln eigentlich für die Tangenten dieser Winkel gelte *).

V. Du hast das ganz gut behalten. Wir können diesen Satz auch hier gebrauchen. So wie wir bey einem Gegenstande EB Fig. 16. aus zwey Standpuncten A und C betrachtet, sagen: es verhält sich der Winkel C zum Winkel A wie AB zu CB, so können wir auch bey Fig. 14. sagen: es verhält sich

$$\gamma : \alpha = AB : CB$$

oder wenn wir der Kürze wegen die Entfernung des strahlenden Puncts AB durch einen einzigen Buchstaben b und den Halbmesser der Kugelfläche durch r bezeichnen, so heißt unsre Proportion nun so:

$$\gamma : \alpha = b : r.$$

W. Das habe ich völlig verstanden.

V. Nun weißt du aber gewiß noch, daß man aus einer Proportion durch Summiren ihrer Glieder eine andere herleiten kann. Wir können folgende brauchen:

$$\gamma : \gamma + \alpha = b : b + r.$$

W. Von der Richtigkeit dieser Proportion bin ich ebenfalls überzeugt.

V. Nun wohl! Diese Proportion wählte ich, um den Einfallswinkel ϵ mit hinein zu bringen, denn dieser ist gerade $= \gamma + \alpha$.

W.

*) Physikal. Kinderfreund. 6ter Th. S. 5.

W. Allerdings! denn er ist der äußere Winkel an der verlängerten Seite CE des Dreyecks ACE.

V. So haben wir denn

$$\gamma : \varepsilon = b : b + r.$$

Es ist aber ferner:

$$\varepsilon : \beta = 3 : 2$$

oder wenn wir statt dieser Zahlen auch allgemeine Zeichen nehmen:

$$\varepsilon : \beta = m : n.$$

Daraus folgt also?

W. Es folgt daraus, daß

$$\gamma : \beta = mb : n(b + r)$$

wenn wir nemlich die unter einander stehenden Glieder beyder Proportionen mit einander multipliciren.

V. Du wirst wohl selbst merken, warum wir diesen Gang nehmen; nemlich um auf das Dreyeck ECD zu kommen. Hier ist $\gamma = \beta + \delta$ oder $\delta = \gamma - \beta$.

W. Allerdings, weil γ der Winkel an der verlängerten Seite DC ist.

V. Es verhält sich also

$$\delta : \gamma = \gamma - \beta : \gamma$$

oder nach unserer vorhin gefundenen Proportion, wo wir $\gamma : \beta = mb : n(b + r)$ fanden:

$$\delta : \gamma = mb - n(b + r) : mb$$

oder: $\delta : \gamma = mb - nb - nr : mb$

W. Dies ist völlig klar.

V. Aber es verhält sich auch

$\delta : \gamma = BC : BD.$

W. Allerdings!

V. Oder: $\delta : \gamma = r : x$

folglich auch, wenn wir die beyden Verhältnisse, die beyde $= \delta : \gamma$ sind, in eine Proportion ordnen:

$$mb - nb - nr : mb = r : x$$

so erhalten wir denn nun endlich einen Ausdruck für die gesuchte Vereinigungsweite BD oder x durch lauter bekannte Größen. Du wirst ihn aus der letzten Proportion ohne Mühe selbst bilden können.

W. Es ist $x = \frac{m \cdot b \cdot r}{mb - nb - nr}$

V. Richtig! und mit einer kleinen Verkürzung im Nenner:

$$x = \frac{m\,b\,r}{(m - n)\,b - nr}$$

8.

Fortsetzung.

V. Wollen wir nun statt der allgemeinen Bezeichnung für das Verhältniß des Einfallswinkels zum Brechungswinkel m : n unsere für Luft und Glas gewöhnlichen Zahlen 3 : 2 nehmen, was wird dann aus obigem Ausdruck?

W.

W. Es wird daraus dieser:

$$x = \frac{3\ br}{b - 2r}$$

V. Und dividire einmal in Zähler und Nenner mit der Entfernung des strahlenden Punctes.

W. Also mit b dividirt. Das giebt Folgendes:

$$x = \frac{3\ r}{1 - \frac{2r}{b}}$$

Aber dadurch scheinet mir der Ausdruck nicht verbessert zu seyn. Wozu soll diese Aenderung helfen?

V. Das wirst du gleich selbst finden. Nicht wahr, der Bruch, den du jetzt im Nenner erhieltest, $\frac{2\ r}{b}$ wird desto kleiner und unbedeutender, je größer b wird?

W. Freylich, je größer der Nenner, desto kleiner der Bruch.

V. Nun nimm einmal die Entfernung des strahlenden Punctes so groß, wie die Entfernung der Sonne, oder auch nur ein paar tausend Fuß, so daß die Strahlen, die von demselben auf die ganze Fläche des Glases fallen, wie AE, einen unmerklich kleinen Winkel α mit der Achse AB machen, oder alle mit der Achse so gut wie parallel gehen, was wird da aus dem Bruche $\frac{2\ r}{b}$ werden?

W. Da er immer kleiner wird, je größer b ist, so wird er wohl bey einer so weiten Entfernung als verschwindend anzusehen seyn.

V. Offenbar! Für parallel einfallende Strahlen wird $\frac{2r}{b}$ völlig Null, und was erhalten wir in diesem Falle aus unserm Ausdrucke für x?

W. Es wird dann $x = 3r$. Eben dies hatten wir schon Anfangs gefunden.

V. Richtig! Nun laß uns auch noch die Formel $x = \frac{mbr}{(m-n)b - nr}$ gebrauchen, um die Vereinigungsweite für eine sphärisch-concave Glasfläche zu finden. Wir brauchen nur den Halbmesser der concaven Fläche negativ zu setzen, da der einer converen positiv angenommen war.

W. Da würde also

$$x = \frac{-mbr}{(m-n)b + nr}$$

oder für $m : n = 3 : 2$

$$x = \frac{-3br}{b + 2r}$$

9.

Fortsetzung.

Wir müssen nun die Veränderung bey der zweyten Brechung in der hinteren Glasfläche betrachten, wo der Strahl wieder aus dem Glase in die Luft übergeht. Wir wollen hier die vorigen kleinen Buch-

Buchstaben mit den gleichlautenden großen, B; R; X, vertauschen, die du nun ohne weitere Erläuterung verstehst.

Wir werden uns die Untersuchung erleichtern, wenn wir uns den Weg des ausfahrenden Strahls zuerst umgekehrt denken. Wir wollen also annehmen, er komme in H Fig. 18. mit der Achse zusammen, daß also IH = X sey. Wir stellen uns vor, es gehe von H aus, falle bey K auf die Glasfläche, so finden wir seine Vereinigungsweite, die in unserer Figur ID, also in Beziehung auf den als einfallend gedachten Strahl HK negativ oder — B ist, nach der obigen Formel so:

$$-B = \frac{mXR}{(m-n)X - nR}$$

Du hast mich doch verstanden?

W. Wir verwechseln bloß einfallende und ausfahrende Strahlen.

V. So finden wir dann, wenn wir mit dem Nenner multipliciren:

$$nRB - (m-n)BX = mRX$$

oder: $nRB = (m-n)BX + mRX$

oder: $nRB = \left((m-n)B + mR\right)X$

folglich: $X = \frac{nRB}{(m-n)B + mR}$

W. Darin ist mir nichts undeutlich.

V. Für die Zahlenverhältniß $n : m = 2 : 3$ wäre also hier $X = \frac{2RB}{B + 3R}$

Wenn

Wenn die Strahlen im Glase parallel mit der Achse auf die Hinterfläche fallen, daß also B unendlich groß wird, so wird

$$X = \frac{2 R B}{B} = 2 R$$

Wenn die Hinterfläche des Glases hohl ist, da man denn R negativ setzt, so wird

$$X = \frac{-2 R B}{B - 3 R}$$

welches negativ ist, wenn B größer als 3 R, positiv, wenn B kleiner als 3 R ist.

W. Aber eine negative Vereinigungsweite? —

V. Der Ausdruck kann dich nicht mehr befremden: es heißt nichts anders, als die Weite vom Glase, in welches sich die Strahlen rückwärts verlängert mit der Achse schneiden.

W. Ich besinne mich. Sie haben mir schon bey der Lehre von der Zurückwerfung des Lichts die Ausdrücke geometrischer Vereinigungspunct, geometrisches Bild erklärt.

V. Wir werden nachher auch von einem geometrischen Brennpuncte, von geometrischer Brennweite reden, wenn wir auf die concaven Gläser kommen; das wird dir also nicht mehr anstößig scheinen. Man verkürzt sich durch solche Ausdrücke den Vortrag.

W. Ich werde mich hoffentlich darein finden können.

V. Merke dir noch einmal die beyden gefundenen Ausdrücke:

1. Für

1. Für die Vereinigungsweite aus Luft in Glas:

$$x = \frac{m\,b\,r}{(m-n)\,b - n\,r}$$

2. Aus Glas in Luft:

$$X = \frac{n\,B\,R}{(m-n)\,B + m\,R}$$

W. Ich werde sie mir abschreiben, um sie besser im Gedächtniß zu behalten. Ich gestehe Ihnen, daß mich die Buchstabenausdrücke doch Mühe kosten.

V. Ohne Mühe hat man nichts; aber Anstrengung der Kräfte belohnt sich selbst, wie ich dir schon oft gesagt habe. Die dioptrischen Lehren lassen sich nicht wohl anders befriedigend beweisen.

10.

Fortsetzung.

V. Jetzt wollen wir die Ausdrücke, die wir hier nun bey einander gestellt haben, anwenden, um endlich unser Ziel zu erreichen, nemlich um die Vereinigungsweite zu finden, welche bey beyden Brechungen zugleich, beym Eingange aus Luft in Glas, und dann beym Ausgange aus Glas in Luft, Statt findet.

Zuerst nehmen wir die ganze Glaskugel, nachher die Glaslinsen, wo die Dicke nicht beträchtlich gegen die Halbmesser ihrer Flächen ist. Ich erinnere dich nur vorher noch einmal beyläufig wieder daran, daß alle unsere gefundenen Ausdrücke sich auf Proportionen von Linien und Winkeln gründeten, die nur für solche Strahlen gültig sind, welche nicht zu weit von der Achse des Glases auf die Fläche desselben fallen. Man thut wohl, sich solche Voraussetzungen dann und wann wieder ins Gedächtniß zurückzurufen.

Bey einer Kugel sind die beyden Halbmesser der vorderen und hinteren Fläche einander gleich; $r = R$.

Die Vereinigungsweite für die Brechung in der vorderen Fläche $x = \frac{3\,b\,r}{b - 2\,r}$

Für die zweyte Brechung in der hintern Fläche ist nun B nichts anders, als die eben für die erste Brechung gefundene Vereinigungsweite weniger dem Durchmesser der Kugel oder dem Abstande beyder brechenden Flächen von einander; in Fig. 17. $HD = BD - BH$, oder: $B = x - 2r = \frac{3\,b\,r}{b - 2r}\; 2\,r$. Diesen Werth von B können wir nun in die Formel für die zweyte Brechung aus Glas in Luft setzen. Uns genügt es hier, besonders den Fall zu betrachten, wo die einfallenden Strahlen parallel waren. Wie groß hatten wir da die Vereinigungsweite für die erste Brechung gefunden?

W. Sie war $x = 3r$.

V. Die Strahlen kommen also convergirend auf die Hinterfläche und $B = 3r - 2r = r$, folglich $X = \frac{2BR}{B + 3R} = \frac{2r^2}{4r} = \frac{1}{2}r$. Siehe! da haben wir schon für die Kugel ein einfaches und nützliches Resultat aus unsern Formeln abgeleitet, welches wörtlich ausgedrückt so heißt: Parallelstrahlen vereinigen sich hinter einer dichten Glaskugel in der Weite des halben Halbmessers, oder die Brennweite einer Glaskugel ist dem halben Halbmesser gleich.

W. Wollten Sie nicht auch für eine Wasserkugel die Brennweite suchen? Das kleine einfache Mikroskop, was Sie mir neulich schenkten, besteht aus einer solchen mit Wasser gefüllten kleinen Glaskugel.

V. Dazu müssen wir aber die Brechungsverhältnisse anders nehmen, nemlich aus Luft in Wasser etwa 4 : 3, aus Wasser in Luft 3 : 4. Nun war unsere allgemeine Formel für die Vereinigungsweite bey der Brechung in der Kugelfläche $x = \frac{mbr}{(m - n)b - nr}$ wo nun $m : n = 4 : 3$, also $x = \frac{4br}{b - 3r}$ und für Parallelstrahlen $x = 4r$. Folglich bey der zweyten Brechung $B = x - 2r = 2r$ und $X = \frac{3BR}{B + 4R} = \frac{3 \cdot 2r \cdot r}{2r + 4r} = \frac{6r^2}{6r} = r$. Die Brennweite einer Wasserkugel ist ihrem Halbmesser gleich.

II.

11.

Fortsetzung.

Bey der Kugel, welche wir so eben betrachtet haben, zogen wir die Dicke der brechenden Masse, das heißt, den Durchmesser der Kugel von der Vereinigungsweite x ab, um die Ausflußweite B für die zweyte Brechung zu finden. Bey den Linsengläsern kann man meistens die Dicke des Glases aus der Rechnung weglassen und die Vereinigungsweite für die erste Brechung als Ausflußweite für die zweyte Brechung ohne Abzug annehmen.

Für die erste Brechung in der vördern Glasfläche war $x = \frac{m\,b\,r}{(m - n)\,b - n\,r} = \frac{3\,b\,r}{b - 2\,r}$

Für die zweyte Brechung in der hintern Fläche $X = \frac{n\,B\,R}{(m - n)\,B + m\,R} = \frac{2\,B\,R}{B + 3\,R}$

Hier nehmen wir nun für B den Werth von x unverändert, ohne die Dicke der Linse abzuziehen. Diese Substitution macht ein klein wenig Weitläuftigkeit, doch wird sie bald abgethan seyn.

Zuerst den Zähler 2 B R vorgenommen. Hier $B = \frac{3\,b\,r}{b - 2\,r}$ gesetzt, giebt $\frac{2\,.\,3\,b\,r\,.\,R}{b - 2\,r.}$

Nun den Nenner $B + 3\,R. = \frac{3\,b\,r}{b - 2\,r} + 3\,R$

oder

$$\text{oder} = \frac{3\,br + (b - 2r)\,3R}{b - 2r}$$

$$\text{oder} = \frac{3\,br + 3\,bR - 3 \cdot 2 \cdot r \cdot R}{b - 2r}$$

$$\text{oder} = \frac{3\,b\,(r + R) - 3 \cdot 2 \cdot r \cdot R.}{b - 2r.}$$

Die Größe $b - 2r$ hebt sich in Zähler und Nenner auf und unsere Vereinigungsweite heißt nun so:

$$X = \frac{2 \cdot 3 \cdot b \cdot r \cdot R}{3\,b\,(r+R) - 2 \cdot 3\,r \cdot R} = \frac{2\,b\,r\,R}{b\,(r+R) - 2\,r\,R}$$

$$\text{oder} = \frac{2\,r\,R}{r + R - \frac{2\,r\,R}{b}}.$$

W. Ich sehe es ein, werde es aber für mich wieder durchstudiren müssen.

V. Sehr schwer ist es eben nicht; besonders leicht aber wird die Anwendung für gewisse bestimmte Fälle, als erstlich: wenn die Strahlen parallel auffallen; wo also b unendlich groß und das letzte Glied im Nenner gegen die ersten ganz unbedeutend wird, da ist

$$X = \frac{2\,r\,R}{r + R}$$

das heißt: die Brennweite ist gleich dem doppelten Product beyder Halbmesser, dividirt durch die Summe beyder Halbmesser.

Sind

Sind beyde Halbmesser einander gleich, so wird

$$X = \frac{2\,r\,r}{r + r} = \frac{2\,r\,r}{2\,r} = r$$

Die Brennweite eines auf beyden Seiten gleich convexen Glases ist dem Halbmesser gleich.

Ist die eine Seite convex, die andere ganz eben, so setzen wir einen Halbmesser, z. B. R, unendlich groß, indem wir nemlich eine kleine Ebne als ein Stück von einer Kugel von unendlich großem Halbmesser ansehen, und finden

$$X = \frac{2\,r\,R}{R} = 2\,r$$

Die Brennweite eines planconvexen Glases ist dem Durchmesser gleich.

Für concave Flächen nimmt man den Halbmesser negativ.

Sind beyde Flächen hohl, so wird

$$X = \frac{2\,r\,R}{-r - R} \text{ oder } = -\frac{2\,r\,R}{r + R}$$

Sind beyde Halbmesser gleich, so wird

$$X = -\frac{2\,r\,r}{2\,r} = -r$$

Ist die eine Seite plan, so wird

$$X = -\frac{2\,r\,R}{R} = -r.$$

Also für Concavgläser nur gerade das Umgekehrte von dem, was bey den convexen gefunden war.

Ist

Ist das Glas ein Meniscus, das heißt, auf der einen Seite erhaben, auf der andern hohl, so wird, wenn r der Halbmesser der vörderen convexen, — R der Halbmesser der hinteren convexen Fläche ist,

$$X = -\frac{2\,r\,R}{r - R}$$

welches negativ oder positiv ist, je nachdem r größer oder kleiner als R ist.

Ist es positiv, nemlich wenn r der Halbmesser der Convexität kleiner als R ist, so gehört das Glas zu den Sammlungsgläsern und diese heißen besonders Menisken oder mondförmige Gläser. Die andern, wo R kleiner als r wäre, gehören zu den Zerstreuungsgläsern, kommen aber selten vor.

W. Diese Sätze folgen alle, wie ich sehe, sehr leicht aus der allgemeinen Formel.

12.

Fortsetzung.

V. Du siehst an diesen kleinen Anwendungen der allgemeinen Rechenkunst, wie nützlich sie zur Entwickelung physikalischer Lehrsätze ist.

W. Wenn ich nur erst mehr darin geübt wäre.

V.

V. Das kömmt mit der Zeit, wenn du, wie bisher, Fleiß anwendest. Ich muß dir noch bemerken, warum wir vorhin besonders für parallele Strahlen die Vereinigungsweite (Brennweite) auszudrücken suchten. Das geschieht nemlich deswegen, weil sich diese am einfachsten ausdrücken, weil sie sich ferner durch leichte Versuche, wenigstens bey den Converlinsen, finden läßt, und weil man die Vereinigungsweiten für jede andere Strahlen, die nicht aus unendlich entfernten, sondern aus Puncten von beliebiger Entfernung auf das Glas fallen, bequem durch die Brennweite — diese als bekannte Größe angenommen — ausdrücken kann. Hast du Lust, mir darin noch ein Paar Augenblicke zu folgen?

W. Sie wissen, wie gern ich von Ihnen lerne.

V. Nimm also einmal die Brennweite eines Linsenglases, (dessen Dicke wir nicht in Betrachtung ziehen, weil das die Ausdrücke nur unnöthigerweise zusammengesetzt machen würde) wir wollen sie mit einem besondern Buchstaben, etwa, wie gewöhnlich, mit f bezeichnen. Was hatten wir für die Brennweite gefunden?

W. Es war gefunden

$$f = \frac{2\,r\,R}{r+R}$$

V. Und die Vereinigungsweite überhaupt?

W. Diese war

$$X = \frac{2\,b\,r\,R}{b\,(r + R) - 2\,r\,R}$$

V. Gut! Nun gieb Achtung, wie ich durch eine leichte Aenderung einen andern bequemen Ausdruck für die unbestimmte Vereinigungsweite X finde, wenn ich darin f als bekannt anbringe.

Es war also $f = \frac{2\,r\,R}{r + R}$

Folglich $(r + R)\,f = 2\,r\,R$

W. Offenbar!

V. Es war ferner $X = \frac{2\,r\,R\,.\,b}{b\,(r + R) - 2\,r\,R}$

Hier können wir nun statt $2\,r\,R$, welches, wie du siehst, im Zähler und Nenner vorkommt, das obige $(r + R)\,f$ setzen, dann erhalten wir

$$X = \frac{(r + R)\,f\,b}{b\,(r + R) - (r + R)\,f}$$

Und hier, wie du auch selbst bemerken wirst, kann jedes Glied im Zähler und Nenner mit $r + R$ dividirt werden. Was entsteht nun daraus?

W. Es wird

$$X = \frac{b\,f}{b - f}$$

In der That schön und einfach!

V. In Worten ausgedrückt:

W. Die Vereinigungsweite für Strahlen aus einem beliebig entfernten Puncte ist gleich der Entfernung

des leuchtenden Punctes mit der Brennweite multiplicirt und das Product mit dem Unterschied beyder dividirt.

13.

Die Camera obscura.

Jetzt, da wir die Gesetze der Brechung des Lichts in sphärisch gekrümmten Flächen durchsichtiger Materien kennen gelernt haben, können wir uns mit der Einrichtung mancherley optischer Werkzeuge näher bekannt machen, welche die Menschen theils zum Vergnügen, theils zum Nutzen erfunden haben, und wovon ich die wichtigeren der Reihe nach beschreiben werde.

Das erste mag die Camera obscura seyn.

Die ganz unkünstliche Camera obscura, welche bloß aus einer verfinsterten Kammer besteht, wo nur durch eine enge Oeffnung in einem Fensterladen Licht einfallen kann, haben wir schon zu einer andern Zeit betrachtet und dabey die beyden Unbequemlichkeiten gefunden, daß sie die Bilder der Gegenstände nicht hell und deutlich genug, und zweytens, daß sie dieselben in umgekehrter Lage macht. Die gewöhnliche tragbare Camera obscura nun hilft beyden Mängeln ab. Vermittelst

telst einer Convexlinse werden die Bilder heller und deutlicher, und vermittelst eines Planspiegels werden sie aufgerichtet dargestellt.

Die 19te Figur zeigt die Einrichtung eines solchen Werkzeugs, welche übrigens auf mehrere Arten gemacht werden kann.

In D ist ein, etwa unter einem Winkel von 45 Grad gestellter Spiegel, auf welchen die Strahlen von einem Gegenstande EFG auf die convexe Glaslinse C zurückwirft, durch welche sie auf den Boden AB gebracht werden und daselbst ein Bild efg machen, welches, von dem Zuschauer etwa von H aus betrachtet, aufgerichtet erscheint. In AH ist eine hinlänglich große Oeffnung in der Wand des Gehäuses, um dem Gesicht und der Hand Raum zu lassen, wenn man das Bild betrachten oder auf ein in AB gelegtes Papier abzeichnen will.

Die Entfernung der Linse C vom Boden AB muß ungefähr der Brennweite der Linse gleich seyn, für Gegenstände nemlich, die weit entfernt liegen, wo die von jedem Puncte ausgehenden Strahlen so gut wie parallel auf den Spiegel, und da dieser in der Lage der Strahlen gegen einander nichts ändert, auf die Linse fallen und sich in deren Brennweite zu einem deutlichen Blide vereinigen.

Für nähere Gegenstände muß die Linse ein wenig mehr von AB entfernt werden. Hat man also eine Gegend vor sich, wo auch nahe Bäume und andere Gegenstände in das Bild auf AB kom-

men können oder sollen, so ist es dem Anblick der Natur selbst am gemäßesten, die Gegenstände des Vordergrundes am deutlichsten sich abbilden zu lassen, also das Rohr mit der Linse etwas heraus zu ziehen, und lieber eine geringe Undeutlichkeit bey den entferntern Gegenständen am Horizonte zuzulassen.

Der Kasten, der wie hier (in der 19. Fig.) die Form einer abgekürzten Pyramide haben kann, muß so lichtdicht gemacht werden, als möglich; man pflegt ihn inwendig auch wohl zu schwärzen, welches, um fremdes, von den Wänden der Behältnisse und Röhren reflectirtes Licht abzuhalten, bey mehreren optischen Werkzeugen geschieht.

Unter mehreren Einrichtungen, welche man diesem Instrumente geben kann, bemerke ich nur noch eine der gewöhnlichsten (Fig. 20.), wo der schräggestellte Planspiegel in dem Kasten selbst liegt, die Fläche des Glases aufwärts gekehrt. Die Lichtstrahlen fallen hier erst durch die Glaslinse C, ehe sie auf den Spiegel kommen, und werden von diesem hinaufwärts reflectirt. Oben wird der Kasten mit einem mattgeschliffenen Glase oder mit einem geöhlten Papier bedeckt. Der Zuschauer stellt sich hinter B und siehet das Bild aufrecht und deutlich.

Wie schön, wie fein bilden sich die Gegenstände in diesem Werkzeuge ab! die Natur malt hier selbst mit einem weit zärteren Pinsel, als der geschickteste Maler. Und was diesem Gemälde unge=

ungemeinen Reiz giebt, der jedem von Menschenhänden gemachten Gemälde abgeht, ist die Bewegung und das Leben, was sich darin mit malt. Der blaue Himmel mit seinen vorbeyziehenden Wolken, die gehenden Menschen und Thiere, die fliegenden Vögel, die vom Winde bewegten Blätter und Zweige der Bäume, Alles, die Natur selbst im verjüngten Maaße. Man hat die Bemerkung gemacht, daß die Bilder doch nicht ganz dem wirklichen Anblick ähnlich seyen, zwar wohl in Rücksicht auf Form, aber nicht in Rücksicht der übrigen Dinge, die auf verschiedene Entfernung hinter einander liegender Gegenstände schließen lassen; die entfernten bildeten sich zu deutlich ab und schienen näher, es scheine überhaupt alles zu dicht hinter einander zu liegen. Einigermaaßen ist dies zwar richtig, indessen kann mit der vorhin bemerkten Vorsicht diese Unvollkommenheit vermindert werden, nemlich wenn man die Linse so stellt, daß nur die näheren Gegenstände die größte Deutlichkeit haben.

Diese angenehme Vorrichtung haben wir dem Johann Baptista Porta zu danken, der im sechzehnten Jahrhunderte zu Neapel lebte. Er beschreibt sie in seiner natürlichen Magie, die zuerst 1560 erschien, im 17ten Buche. Zuerst spricht er von der bloß optischen Camera obscura, wo die Strahlen durch eine bloße enge Oeffnung in einem Fensterladen einfallen. Sodann sagt er (deutsche Uebersetzung, Nürnberg 1713. S. 960.):

"Nun

„Nun aber will ich dasjenige melden, was ich noch allezeit verschwiegen, auch billig zu verschweigen gehalten. Nemlich wenn man ein Linsenglas von Crystall in das Loch setzet, so wird man alles viel deutlicher sehen, ja sogar die Menschen, so drausen gehen, im Gesicht, auch ihre Farben, Kleider, Gebehrden und alles so deutlich erkennen, als wenn man nahe dabey wäre. Welches alles einen dermaaßen erlustiget, daß die, so es sehen, sich nicht genug darüber verwundern können. Wenn man aber will alles größer und deutlicher sehen, so stelle man einen Spiegel gegen das Loch, der nicht die Strahlen auseinander streuet, sondern zusammenfasset und vereiniget. Mit demselben gehe man so lange herbey und davon, bis man die rechte Größe des Bildes, wie es an sich selber ist, durch gewiße Annäherung mit dem Mittelpunkte erlanget. Und wenn einer nun recht Achtung darauf geben wird, so wird er sehen können, wie die Vögel fliegen, wie der Himmel mit Wolken eingesprengt und sonsten schön blau ist, wie von ferne sich die Berge erzeigen; ja er wird auf einem kleinen runden Plätzlein des Papiers, so man über das Loch stellen kann, gleichsam einen kurzen Begriff von der Welt sehen, daß man sich darüber freuen wird.“ —

„Hier wollen wir auch lehren, (fährt Porta weiterhin fort) wie man in einem Zimmer Jagden, Schlachten und andere dergleichen Gaukeleyen vorstellen und machen könne, welches wir gleichsam

sam zur Zugabe mit anhängen wollen, darüber große Herren, auch sonst verständige und studirende Leute eine sonderbare Lust zu schöpfen haben."

Wie dies gemacht werden könne, übergehe ich; es läßt sich leicht errathen. Folgende merkwürdige Stelle aber interessirt uns hier besonders. Sie schließt sich an die Nachrichten an, welche ich zuvor von den Meinungen der Alten über das Sehen mitgetheilt habe.

„Hieraus können nun die Philosophen und die mit der Geschichtskunst umgehen, genugsam erkennen, (so fährt Porta weiter fort) an welchem Orte das Sehen geschiehet, und wird also die Frage, die bey den Alten so stark ist untersucht worden, ob man nemlich siehet durch Auslassung der Strahlen oder durch Einlassung, dergestalt entschieden, daß es durch Einlassung geschiehet, und kann durch keine andere Kunst, als durch diese die Sache auf beyde Fälle erwiesen werden. Denn es wird das Bild durch den Augapfel ins Auge gelassen, gleichwie allhier durch das Fensterloch, und wie hier die Tafel ist, also ist in dem Auge das Stück von einer crystallenen Kugel, so mitten im Auge stehet, welches ich weiß, daß es verständigen Leuten wohl gefallen wird, und wir in unsrer Optik weitläuftiger erklärt haben."

So weit Porta. Er hat, wie man aus dieser letzteren Stelle sieht, durch die Camera obscura, die

die richtige Erklärung des Sehens wenigstens beynahe gefunden. Denn von Bildern im Auge in dem Sinne, wie es seit der Erfindung der Camera obscura genommen wird, nemlich die durch Vereinigung der Lichtstrahlen hervorgebracht werden, wußte man vorher nicht. Lucrez spricht zwar genug von feinen Bildern, allein diese waren, wie meine jungen Leser aus dem 6ten Theile dieses Buchs wissen, ganz etwas Anderes. Ich sagte aber, er hätte nur beynahe die richtige Erklärung gefunden. Denn offenbar irret er darin, daß er die Crystallinse mit der Tafel vergleicht, worauf die Bilder befindlich sind. Dieser Irrthum ist in der That sonderbar, und man sollte glauben, die Aehnlichkeit der Crystallinse mit dem Linsenglase der Camera obscura sey so in die Augen fallend, daß man sogleich diese beyden miteinander und den Boden des Auges mit der Wand des finsteren Zimmers vergleichen müsse. So geht es aber uns Menschen, wir finden meistens nur Wahrheit mit Irrthum vererzt, und das edle Metall muß erst durch viele Hände gehen, ehe es rein abgeschieden wird. Die ganz richtige Erklärung war jenem großen Teutschen vorbehalten, der die Gesetze der Weltkörper entdeckte, Kepler.

14.

Die Camera lucida.

Die vorhin erklärte Camera obscura hat zu einem andern artigen Werkzeuge Gelegenheit gegeben, wo man die Bilder nicht auf eine undurchsichtige, oder halbdurchsichtige Fläche fallen läßt, sondern sie frey in der Luft schwebend betrachtet, wie bey dem aus zwey convexen Gläsern bestehenden astronomischen Fernrohr, welches wir nachher beschreiben werden. Fig. 21 stelle diese Einrichtung dar. Die Glaslinse C ist so gestellt, daß die vom schrägliegenden Spiegel aufwärts geworfenen Strahlen sich in dem Kasten zu einem Bilde vereinigen, welches durch eine oben angebrachte zweyte Glaslinse K betrachtet wird. Der Zuschauer muß sich hinter B stellen und von oben herunter in den Kasten sehen, um die Gegenstände aufrecht zu erblicken. Auch diese Einrichtung gewährt einen sehr angenehmen Anblick. Den Namen Camera lucida (helle Kammer) hat das Werkzeug daher, weil man die Oeffnungen der Linsen ziemlich groß nimmt, (indem es hier nicht um Vergrößerung der Gegenstände zu thun ist) und folglich viel Licht dadurch erhält. In Ansehung der Nützlichkeit würde ich aber doch der gewöhnlichen tragbaren Camera obscura den Vorzug geben. Diese Nützlichkeit

lichkeit besteht nemlich darin, daß man Gegenstände sehr genau und der Natur getreu dadurch abzeichnen kann. Ich will jedoch damit nicht eben Anfängern im Zeichnen anrathen, sich dieses Hülfsmittels zu oft zu bedienen; für Uebung des Auges und der Hand ist es unstreitig besser, frey und ohne solche mechanische Methoden zu zeichnen. Nach der Camera obscura zeichnen, ist im Grunde kaum Zeichnen zu nennen, es ist eine mechanische Copirmethode, wie, wenn man eine Zeichnung an einer Fensterscheibe nachzeichnet — ein bloßes Umfahren der Umrisse. Mit Verstand gebraucht kann das Werkzeug aber auch in den Händen des gelernten Zeichners nützlich seyn; er kann seine Fertigkeit in der Perspectiv daran prüfen, auch vorläufig sehen, welche Aussicht sich zu einem Tableau schickt. Zur genauen Abbildung einzelner Gegenstände läßt sich die tragbare Camera obscura sehr vortheilhaft anwenden. Man hat anatomische Zeichnungen dadurch gemacht, und sie könnte, glaub' ich, auch zum Portraitiren gebraucht werden. Ob dies schon geschehen sey, ist mir nicht bekannt. Einige Schwierigkeit würde vielleicht das, hier wie beym Silhouettiren nöthige, gänzliche Stillehalten des Kopfes verursachen.

15.

15.

Das Auge.

Ehe wir die übrigen künstlichen optischen Werkzeuge betrachten, wollen wir das bewundernswürdigste von der Natur selbst gebildete vorhergehn lassen. Das Auge ist eine natürliche Camera obscura, und umgekehrt diese kann ein künstliches Auge genannt werden. Die Aehnlichkeit zwischen beyden ist beym ersten Blick auffallend, und zuerst, wie oben bemerkt wurde, von Porta entdeckt.

Dieses künstliche Organ des Gesichts ist in verschiedenen Thiergattungen auf verschiedene Art eingerichtet. Sehr verschieden sind die Augen der Saugethiere, der Vögel, der Fische, der Insecten. Ich werde hier vorzüglich von dem menschlichen Auge reden.

Das ganze Auge des Menschen ist ein fast kugelförmiges, aus einer zähen Haut gebildetes mit Feuchtigkeiten angefülltes Behältniß, welches in einer Höhlung liegt, um es vor Beschädigungen zu verwahren, und durch Muskeln nach allen Richtungen um sich selbst gedreht werden kann.

Die Haut, welche den größten Theil der Kugel bildet, ist die harte Haut, zähe Haut, undurchsichtige Hornhaut, tunica sclerotica.

Sie

Sie ist an der hintern Seite des Auges ungefähr eine Linie dick, vorne etwas dünner, weißgrau, zähe, dehnbar und undurchsichtig.

An der vorderen Seite des Auges ist in diese äußere undurchsichtige, kugelförmige Schaale gleichsam ein rundes Fenster eingesetzt, nemlich ein nach einem kleineren Halbmesser geründetes Segment einer Kugelschaale, welches aus einer durchsichtigen dünneren, jedoch auch ziemlich zähen Haut der (durchsichtigen) Hornhaut (tunica cornea) besteht. Der Halbmesser des von der Sclerotica gebildeten Gehäuses ist bey einem erwachsenen Menschen etwa 6 Linien, des Halbmessers des von der Cornea gebildeten vorderen erhabneren Segments etwa $3\frac{1}{3}$ Linien.

Vorne zwischen den Augenliedern ist sowohl die Sclerotica als Cornea noch mit einem feinen Häutchen bedeckt, welches die angewachsene Haut (tunica adnata) heißt. Die innere Fläche der Sclerotica ist mit einer dünnen, zarten dunkelbraunen Haut gleichsam tapezirt, welche die braune Haut, Aderhaut, Gefäßhaut, Chorioidea, heißt. Sie hängt mit der Sclerotica durch feste Fäden von Zellgewebe zusammen, ist inwendig mit einem schwarzen leimichten Ueberzuge bekleidet, und geht bis an den schwarzen ringförmigen Rand der Sclerotica, wovon die durchsichtige Hornhaut eingefaßt ist. An diesen schließt sich die Chorioidea durch ein ebenfalls ringförmiges Band an, welches das Strahlenband,

band (ligamentum ciliare) genannt wird. Der berühmte Anatom Ruysch behauptete, daß sich die Aderhaut in zwey Häutchen theilen lasse; daher man die innere tunica Ruischiana genannt hatte. Andere nicht minder große Anatomer, wie Albinus, Haller und Zinn, leugnen das Daseyn des letztern. Das Strahlenband hat seinen Namen daher, weil von demselben Fasern ausgehen wie Strahlen, die vom Umfange des Kreises nach dem Mittelpuncte convergiren. Dieser strahlichte Ring, Strahlenkörper (corpus ciliare), welchen die Strahlenfasern (processus ciliares) bilden, sieht schwarz und weiß gestreift aus, am Umfange ist er jedoch ganz schwarz. Er dient als Einfassung der Crystalllinse, welche sogleich näher beschrieben werden soll, um deren Rand sich die Strahlenfasern herumlegen.

Von dem Strahlenbande geht weiter vorwärts nach der Hornhaut zu noch ein ringförmiges ebenfalls strahlenartig gebildetes Häutchen aus, welches man schicklich die Blendung im Auge nennen kann. Die Fasern, woraus dieses Häutchen besteht, gehen an der äussern der Hornhaut entgegengekehrten Seite schlängelnd, an der innern der Crystalllinse zugekehrten Seite gerade und etwas weiter nach dem Mittelpuncte. Man kann daher bey dieser ringförmigen Blendung zwey Blättchen unterscheiden, die sich theils durch die Structur der Fasern, theils auch durch die Farbe

unterscheiden. Das äußere ist nemlich buntfarbig, in verschiedenen Augen verschieden, meistens blau oder braun, nach verschiedenen Nüancen dunkler oder heller, auch wohl grau und melirt. Man nennt sie die Iris Regenbogenhaut. Das innere Häutchen der Blendung ist mit einem schwarzen Leime überzogen, wie die Aderhaut, und heißt die Traubenhaut (tunica uvea). In der Mitte des ringförmigen Blendung bleibt eine kreisförmige Oeffnung, das Seheloch, die Sehe, die Pupille, durch welche das Licht auf die Crystallinse fällt, und wegen der Dunkelheit im Innern des Auges, von aussen angesehen, wie ein völlig schwarzer kleiner Kreis erscheint. Weil, wie vorhin bemerkt worden, die Fasern der hinteren Seite oder der sogenannten Traubenhaut, welche an der Crystallinse anliegt, sich etwas weiter nach dem Mittelpunct zu erstrecken als die der vorderen Seite oder der Iris, so ist das Loch (die Pupille) hinten nach der Crystallinse zu etwas enger als vorne. Die ganze Blendung wird übrigens nach dem inneren Umfange des Ringes hin dünner. Diese Blendung nun hat die merkwürdige Eigenschaft, daß sie bey starkem Lichte die Pupille verengert, bey schwachem erweitert, damit in jenem Falle weniger Strahlen in den inneren Raum des Auges kommen, in diesem aber, was an Stärke des Lichts abgeht, durch Menge der einfallenden Strahlen ersetzt werde. Auch bemerkt man eine Verengerung der Pupille,

wenn

wenn das Auge sehr nahe Gegenstände, und eine Erweiterung, wenn es entlegene Gegenstände betrachtet. Man kann diese Verengerung und Erweiterung leicht an seinem eignen Auge vor einem Spiegel beobachten, wenn man es gegen das Fenster oder gegen eine Lichtflamme richtet und dann mit der Hand beschattet. Die Verengerung beym Scharfsehen auf nahe kleine Gegenstände läßt sich am besten an den Augen eines Anderen beobachten, wenn dieser eine Nadelspitze oder ein Sandkörnchen oder d. gl. in der Nähe betrachtet. Wo diese Veränderung, die gar nicht von unserer Willkühr abhängt, herrühre, ist noch nicht unbezweifelt erklärt. Einige, wie Ruysch und Porterfield, wollen, daß die Fasern der Iris und Traubenhaut von der Natur der Muskelfasern seyen, welche sich bekanntlich verkürzen und verlängern, und dadurch die Glieder des Körpers bewegen. Sie wollen in diesem Häutchen außer den von der Peripherie nach dem Mittelpuncte gerichteten Fasern auch wohl andere ringförmige gefunden haben. Durch Zusammenziehung der ersten soll die Vergrösserung der Pupille, durch Zusammenziehung der zweiten die Verengerung bewirkt werden. Andere, wie Zinn und Haller, wollen aber weder diese letzteren ringförmigen Fasern noch auch überhaupt die muskulöse Natur der Fasern dieses Häutchens zugeben, und behaupten, daß diese bloß durch stärkeren Zufluß der Säfte verlängert werden, und die Pupille

ver=

verengern, durch verminderten Zufluß sich verkürzen und die Pupille erweitern. Noch Andere haben sogar behauptet, daß die Veränderungen der Iris willkührlich seyen, und von innen heraus durch einen Vorstellungsreiz bewirkt werden. Diese Meinung Stahls ist neuerlich wieder von Dömmling vorgetragen worden. Daß die Fasern nicht an und für sich vom Lichte, was auf dieselben trift, sondern nur durch das Licht, welches wirklich durch die Pupille auf die Netzhaut fällt, zur Verengerung der Pupille gereizt werden, haben verschiedene Versuche wahrscheinlich gemacht.

Der Hintergrund des Auges ist mit einer feinen schleimichten Haut bekleidet, welche die Netzhaut, Markhaut (tunica retina) heißt, und eine Verbreitung des Marks vom Sehnerven ist, welcher hinten durch eine Oeffnung der Sclerotica in das Auge eintritt, und wovon wir sogleich noch etwas sagen werden. Die Netzhaut liegt also an der Aderhaut an, und ist eigentlich das, was bey der Camera obscura das Papier ist, auf welches man die Bilder fallen läßt. Geschickte Zergliederer haben gefunden, daß die äussere Seite, welche an der Aderhaut anliegt, weicher, die innere der Crystallinse zugekehrte Seite aber fester ist. Wenn man Thieraugen aufschneidet, so setzt sie sich leicht zusammen, so daß sie nur wie eine kleine Anhäufung von Schleim aussieht, welcher an der Stelle, wo der Sehenerve eintritt, fest-

festhängt, wirft man sie in eine Schaale mit Wasser, so dehnt sie sich aus, und man kann sie wie eine feine Membrane ausspannen.

16.

Fortsetzung.

Dies waren die Häute des Auges. Wir kommen nun auf die sogenannten Feuchtigkeiten.

Den größten Theil der Augenhöhlung, nemlich so weit sie von der Sclerotica gebildet wird, nimmt eine gallertartige, durchsichtige Masse ein, welche (nicht sehr passend) die gläserne Feuchtigkeit (humor vitreus) genannt wird. Die ganze Masse kann aus einem aufgeschnittenen Auge mit einem Zängelchen oder mit der Spitze des Federmessers herausgenommen werden, ohne daß sie auseinander fällt. Sie bleibt wie in einem Beutel zusammenhängend. Wirklich ist sie auch in einem eignen durchsichtigen Häutchen eingeschlossen, und das flüssige, gallertartige Wesen, woraus sie besteht, ist in einer Menge von kleinen Zellen enthalten, welche von eben diesem Häutchen gebildet werden, so daß wenn man auch eine Stelle durchschneidet, doch das übrige zusammenhängend bleibt.

Nach vorne zu gränzt die gläserne Feuchtigkeit an die Crystallinse, welche mit ihrer hintern Fläche in jene Feuchtigkeit eingesenkt liegt. Diese Crystalllinse, Sehelinse, (humor crystallinus, lens crystallina) hat in den Augen junger Thiere eine auch beynahe gallertartige Consistenz, besteht aber, wie die Zergliederer gefunden haben, aus vielen Blättchen, Lamellen, welche sich wie die Schaalen einer Zwiebel voneinander trennen lassen, und wovon die inneren dichter und fester, als die äußern sind. Bey den Crystallinsen aus gekochten Fischen kann man dies sehr leicht bemerken. Im menschlichen Auge wie in andern Säugethieraugen ist sie, wie ein ziemlich stark convexes Glas gestaltet. Man kann sie aus einem aufgeschnittenen Kalbsauge herausnehmen, und gegen ein Blatt Papier halten, da man denn, falls man ihre Form nicht verdorben hat, ein sauberes kleines Bild z. B. vom gegenüberliegenden Fenster bemerken wird. Die Hinterfläche dieses Körpers ist im Menschenauge erhabener, (nach einem kleineren Halbmesser gegründet) als die Vorderfläche. (Die Abmessungen wollen wir nachher zusammen stellen.) Die Linse ist bey jungen Kindern sehr rundlich, wird aber mit zunehmendem Alter flächer. Den Erfolg, den diese Veränderung auf das Sehen hat, werden meine jungen Leser schon errathen: wir wollen nachher noch einiges darüber sagen. Auch die Farbe verändert sich mit dem Alter. Ganz anfangs in neugebornen

Kin=

Kindern ist sie etwas röthlich, nachher farbenlos und im Alter gelblich. Die Linse ist in einem durchsichtigen Häutchen eingeschlossen, welches die Linsencapsel heißt, und an der Vorderseite fester, als an der Hinterseite ist. Die Strahlenfasern umschließen, wie schon erwähnt ist, den Rand der Linsencapsel, und halten die Linse in ihrer gehörigen Lage, können vielleicht auch nach der Meinung einiger Zergliederer die Form derselben oder auch ihre Entfernung vom Boden des Auges ein wenig abändenn, damit das Auge so wohl nahe, als entfernte Gegenstände deutlich sehe. Dicht an der Crystalllinse vordern Fläche, oder wie Einige wollen, in einigem wiewohl geringen Abstande vor derselben ist die Blendung (Iris, Traubenhaut) ausgespannt, durch deren Oeffnung in der Mitte (Pupille) die Strahlen auf die Linse kommen.

Den übrigen kleinen Raum des Auges zwischen der Linse und der durchsichtigen Hornhaut füllt die wässerichte Feuchtigkeit (humor aqueus) aus. Diese erhält die Hornhaut in ihrer Ründung, dünstet durch dieselbe aus, und wird durch neuen Zufluß von Säften wieder ersetzt. Auch wenn sie durch eine Verletzung der Hornhaut ganz ausgelaufen ist, ersetzt sie sich wieder.

Wir bemerkten schon vorhin, daß die Netzhaut eine Verbreitung der Substanz des Gesichtsnerven sey. Dieser starke Nerv tritt ungefähr der Mitte der Hornhaut gegenüber, doch mehr nach der

Seite der Nase und etwas tiefer in die Sclerotica ein, in welcher zu dem Ende eine Oeffnung ist, wovor ein mit etwa dreißig feinen Löchern versehenes Häutchen die Siebplatte liegt. Durch diese dringt das Mark des Nerven wie durch ein Sieb in die innere Höhlung des Auges, und verbreitet sich daselbst an der braunen Haut wie ein feines Häutchen. Die äußere Bekleidung des Nerven ist eine Haut, welche eine Fortsetzung derjenigen ist, die das ganze Gehirn umschließt.

Die 22. Figur stellt ungefähr den senkrechten Durchschnitt eines Menschenauges in natürlicher Größe dar.

H Die harte Haut, tunica sclerotica, und vorne der erhabnere durchsichtige Theil, die durchsichtige Hornhaut, tunica cornea.

L Die Crystallinse.

N Der Sehenerve.

P Die Oeffnung der Iris oder Pupille. Bey S ist das Strahlenband mit den Strahlenfasern.

Das übrige erklärt sich von selbst, wenn man die obige Beschreibung mit der Zeichnung zusammenhält.

Der Durchmesser des Auges eines erwachsenen Menschen ist etwa 1 Zoll.

Der Halbmesser der Krümmung der Hornhaut etwa $3\frac{3}{10}$ Linien.

Der Halbmesser der vorderen Krümmung der Crystallinse auch etwa $3\frac{3}{10}$ Linien.

Der

Der Halbmesser der hintern Krümmung aber nur $2\frac{1}{2}$ Linien.

Die Dicke der Crystalllinse beynahe 2 Linien.

10.

Fortsetzung.

Der Augapfel liegt in einer von den Gesichtsknochen gebildeten Höhlung, der Augenhöhle, worin er wegen seiner runden Gestalt und der weichen Lage von Fett, wovon er umgeben ist, sich von den sechs Muskeln, welche an ihm befestiget sind, nach allen Seiten hin leicht bewegen läßt. Diese gehen von dem Hintergrunde der Augenhöhle aus, wo die Knochen derselben den Sehenerven durchlassen, und fassen mit ihren vorderen Sehnen den Augapfel. Vier gerade Muskeln ziehen denselben gerade aufwärts, niederwärts, auswärts und einwärts; zwey schiefe aber wirken in schräger Richtung. Einer von den letztern, der innere schiefe, geht, um die gehörige Richtung zu erhalten, über eine sogenannte Rolle, oder ein sehnichtes Band, welches oben einwärts in der Augenhöhle angebracht ist. Die beyden Augen des Menschen haben bekanntlich immer ungefähr dieselbe Richtung; sie drehen sich beyde zugleich hinauf, hinunter, links, oder rechts, auch wenn

eins

eins oder beyde verschlossen sind. Es giebt nur wenige Menschen, welche die seltene Fertigkeit besitzen, das eine Auge aufwärts, das andere niederwärts, oder beyde wie die Krebse nach der äußeren Seite des Kopfes zu drehen. Ohne Zweifel ist dies bloß Sache der Gewohnheit, weil man beyde Augen immer auf einen und eben denselben Punct richtet, wenn man ihn sehen will. Daher auch beyde einwärts ohne Mühe gedreht werden, wie das bey sehr nahen Gegenständen nöthig ist. Bey der angewohnten Richtung wirken also die obern geraden Augenmuskeln in beyden Augen zugleich, so auch die unteren; die beyden inneren können ebenfalls zugleich wirken, die beyden äußern aber wirken nicht zusammen, sondern der äußere des einen mit dem inneren des andern Auges.

Der Mangel dieser übereinstimmenden Wirkung der Augenmuskeln verursacht das Schielen. Durch Uebung von Jugend auf würde man vermuthlich die entgegengesetzten Wirkungen der Muskeln möglich machen können, wobey indeß nichts gewonnen wäre. Das Verdrehen der Augen durch die schiefen Augenmuskeln können, wie die Berichte der Reisenden sagen, einige Wilde so weit treiben, daß von der Hornhaut und Iris gar nichts zu sehen ist, wodurch sie sich bey ihren Kriegestänzen ein schreckliches Ansehen geben.

Vorne ist der Augapfel mit zwey Klappen, Augenliedern, bedeckt, welche sich im gewöhnlichen

ruhi-

ruhigen Zustande des Wachens nur so weit öffnen, daß nach oben ein kleines Segment der Hornhaut vom oberen Augenliede bedeckt bleibt. Bey starker Gemüthsbewegung, Verwunderung, Freude, Schrecken aber öffnen sich die Augenlieder weiter, so daß nicht nur die ganze Iris, sondern auch wohl noch ein Theil des Augapfels über der Hornhaut zum Vorschein kommt. Dies giebt immer den Ausdruck heftiger und meistens auch widriger Empfindung, dagegen das Erscheinen des Weißen unter der Hornhaut beym Hinaufblicken des Auges keinen unangenehmen Anblick, sondern vielmehr den sanften Ausdruck von Sehnsucht oder Andacht giebt. Das Herunterziehen der beyden geraden untern Augenmuskeln mit dem Herunterziehen der obern Augenlieder verbunden bezeichnet Beschämung und Demuth; das seitwärts Herabblicken, Verachtung. Von diesem durch Bewegung und Richtung der Augen und Augenlieder bewirkten Ausdruck der Gemüthszustände — der besonders für den Zeichner wichtig ist, — haben die vorher genannten Augenmuskeln auch besondere lateinische Kunstbenennungen erhalten, die ich für meine jungen Leser, welche Latein verstehen, mit hersetzen will.

1. Der obere gerade Augenmuskel, musculus levator seu attollens oculi, heißt auch superbus, admirator. Wir wollen nicht über das Passende oder Unpassende der letztern Benennungen streiten. Der Ausdruck des Stol-

zes

zes liegt meines Bedünkens gar nicht in dem Hinaufdrehen des Augapfels, und der der Verwunderung auch nur nach dem die übrige Haltung des Kopfes und der Augenlieder ist. — Aber die Auseinandersetzung der mannigfaltigen Combinationen von Stellung und Bewegung des Augapfels, der Augenlieder, des Kopfs für die verschiedenen Gemüthszustände würde hier viel zu weitläuftig, man könnte ein ganzes Buch, und ich glaube kein uninteressantes darüber schreiben; also nur noch die Benennung der übrigen.

2. Der untere gerade Augenmuskel, musculus inferior oculi, deprimens, humilis.

3. Der innere gerade Augenmuskel, musculus rectus internus oculi, adductor, bibitorius. Der letzte Name ist zwar lateinisch, sein Ursprung mag aber gut deutsch seyn, wenn anders die arge ausländische Welt Recht hat, daß die deutschen Augen gerne ins Trinkglas sehen.

4. Der äussere gerade Augenmuskel, musculus rectus externus, abductor, indignatorius.

5. Der obere schiefe Augenmuskel oder Rollmuskel, musculus obliquus superior, major, trochleator.

6. Der untere schiefe Augenmuskel, musculus obliquus inferior, minor. Von diesem letzteren ist mir kein Ausdruck, Name bekannt.

18.

Fortsetzung.

Jetzt wollen wir untersuchen, wie es mit dem Sehen zugeht, oder vielmehr, was in dem Inneren des Augapfels vorgeht, wenn die Pupille gegen einen Gegenstand gekehrt ist, denn weiter können wir mit unsern Nachforschungen nicht kommen. Die Pupille gegen einen Gegenstand richten, kann aber auch bey gehörig gebautem gesunden Auge und gehörig beleuchtetem Gegenstande noch nicht eigentlich Sehen genannt werden; das Bewußtseyn, die Empfindung muß hinzukommen. Wir verfolgen das Licht nur bis auf den Boden des Auges, nur bis an den Sehenerven. Wie es durch diesen Canal weiter wirke, ist uns verborgen.

Das Licht also, was von den äusseren Gegenständen auf die Hornhaut fällt, wird schon in der vorderen Abtheilung des Auges, nemlich in der wässerichten Feuchtigkeit gebrochen, wegen der sehr converen Gestalt der Hornhaut. Dasjenige davon, was durch die Pupille kömmt, wird durch die Crystallinse wiederum etwas stärker gebrochen und geht von da durch die gläserne Feuchtigkeit, die weniger bricht als die Crystalllinse, nach der Netzhaut.

Die von der Hornhaut begränzte wässerichte Feuch-

Feuchtigkeit und die Crystalllinse wirken völlig, wie die convexe Glaslinse in der Camera obscura. Strahlen, die von einem Punkte herkommen, werden hinter der Crystalllinse nach einem Puncte hin gebrochen, und machen, wenn sie sich daselbst wirklich vereinigen, ein Bild des Punctes, von dem sie ausgiengen. Das Bild des ganzen Gegenstandes ist im Auge (wie in der Camera obscura, wenn kein Spiegel darin angebracht wird) umgekehrt.

Zum deutlichen Sehen ist es nothwendig, daß der Vereinigungspunkt der Strahlen auf die Netzhaut falle. Nun aber macht ein naher Gegenstand ein entfernteres, ein entfernterer Gegenstand ein näheres Bild; wenn also das Bild in beyden Fällen auf die Netzhaut fallen soll, so muß irgend eine Veränderung im Auge Statt finden. Entweder muß für nahe Gegenstände die Crystallinse, oder die Hornhaut, convexer werden, damit sie die Strahlen stärker brechen und folglich früher vereinigen, oder das Auge muß sich verlängern: bey entfernten Gegenständen müssen umgekehrt die brechenden Flächen minder convex werden, oder das Auge muß sich verkürzen. Einigermaßen kann auch bloß die Verengerung der Pupille schon dazu beytragen, nahe Gegenstände deutlicher zu sehen. Nemlich die Strahlen, welche dicht um die Achse des Auges einfallen, werden etwas weiter hinter der Crystalllinse vereinigt, als die, welche mehr nach dem Umfange

fange der letzteren einfallen. Wenn also diese durch die Blendung abgehalten werden, so werden jene ein zwar schwächeres, aber deutlicheres Bild geben. Daß aber diese Veränderung der Pupille allein hinlänglich sey, das Deutlichsehen in verschiedenen Entfernungen zu erklären, wie große Anatomiker behauptet haben, ist nicht wahrscheinlich.

Dies wäre also kürzlich die Erklärung des Sehens, so weit sie nemlich aus Brechung der Lichtstrahlen in den durchsichtigen converen Materien des Augapfels folgt. Wir müssen nun noch einige damit zusammengehörige Fragen erörtern.

19.

Optische Fragen.

Eine alte Frage kann ich hier doch nicht ganz übergehen, und will sie daher gleich zuerst abfertigen, ich meine die:

> Warum wir die Gegenstände nicht umgekehrt sehen, da doch ihr Bild im Auge umgekehrt steht?

Diese Frage ist eine von denen, wobey man nicht recht weiß, ob man darauf antworten soll oder nicht. Wer sie im Ernst aufwirft, und eine Schwierigkeit darin zu finden glaubt, der macht

sich

sich von dem Sehen die seltsame Vorstellung, als ob hinter dem Auge noch ein anderes wäre, als ob die Seele wie ein anderes Auge hinter der Netzhaut stände, und die Bilder da beschauete, so wie wir bey einem künstlichen Auge vom Drechsler gemacht.

Aufrecht heißt uns, was so stehet, wie unser eigner Körper, wenn er auf den Füssen steht. Umgekehrt würde uns ein Baum erscheinen, wenn seine Spitze dahin gerichtet schiene, wohin unsere Füsse gerichtet sind. Umgekehrt würde uns die Welt erscheinen, wenn die Erde dahin zu liegen schiene, wo unser Kopf ist, und der Himmel dahin, wo unsre Füsse sind.

Unser eigner Körper aber bildet sich in unsern eignen Augen ebenfalls umgekehrt ab, die Füsse nach oben, die Brust nach unten, (denn der Kopf fehlt ganz an dem Bilde, was sich von unserm eignen Körper in unserm eignen Auge abmalt). Die Erde bildet sich also im Auge da ab, wo unsere Füsse im Auge sich abbilden; der Himmel nach der Gegend, wo unser Kopf sich abbilden würde, wenn er könnte. Mithin können wir nichts umgekehrt, wir müßten uns denn selbst mit umgekehrt sehen.

Eben deswegen, weil ein Strahl von der Spitze des Thurms durch die Pupille nach dem unteren Theile der Netzhaut geht, empfinden wir ihn als von der Gegend herkommend, die über unserm Kopfe ist, und umgekehrt.

Doch

Doch schon zu viel zur Erörterung dieser Frage, die, wie ich schon an einem andern Orte bemerkt habe, in eine Classe mit der gehört: warum wir bey der täglichen Umdrehung der Erde nicht den Himmel einmal unter uns und die Erde über uns sehen?

Eine andere Frage, die oft aufgeworfen worden ist, betrift das Sehen mit beyden Augen. Warum, frägt man, sehen wir mit zwey Augen, worin also zwey Bilder von einem Gegenstande sind, doch den Gegenstand nur einfach?

Wenn nemlich beyde Augen gehörig auf einen Punct des Gegenstandes gerichtet sind, füge ich noch hinzu; denn eigentlich muß man nur von einem Puncte sprechen, wenn man die Sache genau nehmen will, und nähere, oder entferntere Puncte, als das, worauf die beyden Augenachsen gerichtet sind, sieht man allerdings doppelt.

Also, warum sehen wir den Punct, auf den die Augenachsen gerichtet sind, einfach?

Aufrichtig gestanden: wir wissen es nicht weiter zu erklären, so wie, warum wir mit zwey Ohren einen Schall nur einfach hören. Die ganze Frage gehört zu denen, die ich vorhin ausschloß. Ich sagte nemlich, wir gehen nicht weiter, als bis auf den Boden des Auges, auf die Netzhaut. Jenseits dieser verläßt uns die Physik, und jene Frage geht schon in dieses Jenseits, in das Gebiet der Sehenerven über. Die Meinungen der Physiker darüber sind verschieden. Einige haben

behauptet, man sehe wirklich meistens nur mit einem Auge, was mir aber ganz falsch scheint; Andere, die Sehenerven giengen in einen zusammen, was auch falsch ist, sie gehen zwar zusammen, aber ohne sich zu vermischen; noch Andere, es sey Angewöhnung, was auch unrichtig scheint, da sonst operirte Blindgeborne alles doppelt sehen müßten. Kurz, den Grund können wir nicht angeben, wir wollen also nur das Gesetz des Phänomens kennen lernen, wie wir uns bey so vielen Erscheinungen mit Kenntniß der Gesetze begnügen müssen. — Wenn wir nur wenigstens dies immer befriedigend und vollständig haben könnten.

20.

Vom Horopter.

Das Gesetz also giebt uns die Erfahrung folgenmaßen an:

> Was im Horopter liegt, sehen wir mit beyden Augen einfach, was ausser dem Horopter liegt, doppelt.

Aber was ist denn Horopter, werden meine jungen Leser fragen?

Man stelle sich vor, daß man in beliebiger Entfernung vor einer senkrechten Wand stehe, und einen Punct auf derselben mit beyden Augen ansehe, so ist die Wand der Horopter.

Also

Also Horopter ist die Ebne, die auf jene Ebne, welche durch beyde Augen und den gesehenen Punct geht, senkrecht und parallel mit der Linie von einem Auge zum andern durch den gesehenen Punkt gesetzt oder gedacht wird.

Es sey in Fig. 23 und 24. C der Punct, auf den die Augenachsen gerichtet sind, so ist die Ebne, deren Durchschnitt die Linie HO andeutet, der Horopter. Der Punct C nun, und diejenigen Puncte, welche um C herum in der Ebne HO liegen, wie D, werden einfach gesehen; hingegen Puncte, die weiter oder näher als C sind, wie F und E, erscheinen doppelt.

Ein Punct D seitwärts vom Zielpunct C im Horopter liegend, bildet sich in beyden Augen in d und d ab, so daß, (wenn D nicht weit von C abliegt) die Winkel cad, cad in beyden Augen gleich, und die Puncte d,d in beyden gleich weit nach einerley Seite hin von der Mitte c entfernt sind. Diese Puncte heißen übereinstimmende Puncte der Netzhaut.

Wenn man dasjenige einfach sieht, wovon die Bilder auf der Netzhaut gleichweit und nach einerley Seite hin von der Mitte c abstehen, so müßte man eigentlich die vier Puncte A, B, C, D, im Umfange eines Kreises nehmen, Fig. 25, wovon M der Mittelpunct wäre: denn alsdann sind aus bekannten geometrischen Gründen, die Winkel CAD, CBD, also auch deren Scheitelwinkel cAd, cBd gleich.

Gewöhn=

Gewöhnlich aber pflegt man, wie wir oben gethan haben, für den Horopter, in dem man die Gegenstände einfach sieht, die Ebne durch G zu nehmen. Auch findet man wohl bloß die Linie HO dafür genommen.

Daß die Gegenstände, wie E und F, welche ausser dem Horopter liegen, doppelt erscheinen, läßt sich durch leichte Versuche bestätigen, obgleich es wirklich von Einigen geläugnet wird. Es kömmt bey solchen Versuchen auf Uebung der Augen an, sich auf einen gegebnen Punct fest zu richten, und doch auch die weiteren oder näheren Puncte zu bemerken; was nicht Allen sogleich gelingen will. Gewöhnlich und ohne besondere Aufmerksamkeit bemerkt man es freylich nicht, aber man stelle ein Paar Körper in nicht zu großen Entfernungen vom Auge, (man kann z. B. zwey Schreibfedern, jede zwischen die Blätter eines aufrechtstehenden Buchs stecken) die eine in C, die andere in F (Fig. 24). Man richte beyde Augen fest auf die nähere in C, so wird die entferntere in F doppelt erscheinen. Verdeckt man das linke Auge A, so verschwindet in diesem Falle auch das Bild linker Hand, weil nemlich im linken Auge A das Bild f rechter Hand von c liegt; verdeckt man das rechte Auge, so verschwindet das Bild rechter Hand, weil im rechten Auge B das Bild f linker Hand von c liegt.

Nun kehre man den Versuch um, das heißt, man richte die Augen immer noch auf C, stelle aber eine Schreibfeder näher in E, so wird diese

auch

auch wieder doppelt erscheinen. Verdeckt man nun aber das linke Auge A, so verschwindet das Bild rechter Hand, weil das Bild e im linken Auge linker Hand von c liegt. Verdeckt man das rechte Auge B, so verschwindet das Bild linker Hand, weil das Bild e im rechten Auge rechter Hand von c liegt.

Die Erscheinung ist so, wie wenn statt des einen entferntern Gegenstandes, zwey solche in f, f, und statt des einen näheren, zwey dergleichen in e, e, im Horopter ständen.

21.

Täuschung bey einem Zirkel.

Eine der artigsten Täuschungen, die durch dieses Verdoppeln ausser dem Horopter veranlaßt werden, ist folgende, die, so viel ich weiß, zuerst von Priestley bemerkt, oder wenigstens beschrieben worden ist. Man nehme einen Zirkel aus einem gewöhnlichen Reißzeuge, öffne ihn so weit, daß die Spitzen weiter von einander entfernt sind, als die Pupillen der beyden Augen. Nun stelle man sich mit dem Gesicht gegen das Fenster, wo man auf einen entfernten Punct sehen kann, halte den Kopf des Zirkels in der Gegend nahe vor der Nase, und die Spitzen

etwas aufwärts und vorwärts gegen das Fenster gekehrt. Man wird nun indem die beyden Augen auf den entfernten Punct fest gerichtet bleiben, zwey Zirkel sehen, deren innere Schenkel sich durchkreuzen. Der rechte Schenkel des vom rechten Auge empfundenen kreuzt sich mit dem linken Schenkel des vom linken Auge empfundenen. Nun drücke man, ohne die Augen von dem entfernten Punkte zu verrücken, die beyden Schenkel langsam zusammen, so wird man ein sonderbares Phänomen sehen. Nemlich die innern sich durchkreuzenden Schenkel nähern sich, und so bald die Schenkel so weit zusammengedrückt sind, daß die Spitzen in die beyden Linien von den Augen nach dem entfernten Gegenstand kommen, (da sie denn ungefähr so weit, wie die beyden Pupillen von einander entfernt sind) so scheinen sich die beyden Zirkelschenkel in einen einzigen ungeheuer langen, auch dickeren und schwärzeren Schenkel zusammen zu vereinigen, der sich weit hinaus erstreckt. Hat man diese Erscheinung einmal gefaßt, so kann man, indem man immer nach der Spitze dieses scheinbar verlängerten Schenkels mit beyden Augen hinsieht, den Zirkel hinauf und hinunter bewegen, und damit fortgehen, und es scheint immer, als ob man einen langen Spieß von der Nase aus vor sich her trüge. In der 26. Figur habe ich die Erscheinung so dargestellt, wie sie mir vorkömmt. Ich weiß nicht, ob es meinen jungen Lesern eben so leicht werden wird, sie hervorzubringen, wie mir,

der

der ich freylich viel, und vielleicht nur zu viel mit meinen Augen experimentirt habe.

Ich pflege den Versuch noch lieber auf folgende Art anzustellen. Man kann den Zirkel gleich anfangs so weit öffnen, daß die Spitzen die Entfernung beyder Pupillen von einander haben, sodann ihn mit vorwärts und etwas aufwärts gekehrten Schenkeln erst etwas entfernt vom Gesicht halten, und nun mit unverwandt auf den entfernten Punct gerichteten Augen den Zirkel näher an das Gesicht bringen, so wird man ebenfalls bald die Stelle finden, wo die Erscheinung erfolgt. Der Grund ist aus dem, was oben vom Horopter gesagt ist, klar. Wenn die Spitzen P,Q Fig. 26 in die Gesichtslinien AC, BC kommen, so sieht jedes Auge die an seiner Seite liegende Spitze nach der Richtung, wie wenn sie in C läge. Die rechte Spitze vom rechten Auge gesehen, und die linke vom linken Auge gesehen, geben also scheinbar in eine Spitze C zusammen. Die weiter zwischen C und R liegenden Theile des langen Schenkelbildes erscheinen in der That nicht ganz einfach, sondern nahe am Gesicht doppelt, weiter nach C hin aber fließen sie in einander, daher der Schenkel auch beträchtlich dicker erscheint.

22.

Mariottes Versuch.

Jetzt einen andern merkwürdigen Versuch, der 1668 zuerst von Mariotte angestellt wurde, der ihn auch unter andern den König von England nachmachen ließ. Man klebe drey Stückchen weiß Papier A,B,C Fig. 27, etwa von der Größe eines Zweygroschenstücks, an eine schwarze, senkrechte Tafel oder Wand, jedes etwa 1 Fuß von dem andern; stelle sich, indem man das eine z. B. das rechte Auge verschließt, gerade vor das mittelste B, richte aber, ohne den Kopf zu drehen, das linke offene Auge nach dem rechter Hand C, so wird man in einer Weite von 2, 3, 4 Fuß noch alle drey Stücke zugleich sehen; sobald man aber weiter zurück tritt, so daß das immer auf C gerichtete Auge etwa 5 Fuß von der Wand entfernt ist, so verschwindet mit einem male das mittlere B, obgleich das linke A noch sichtbar ist. Tritt man noch weiter zurück, so kommt auch das mittlere wieder zum Vorschein, und man sieht wieder alle drey.

Wenn man die Lage des Auges bey diesem Versuche genau bemerkt, so wird man finden, daß wenn das mittelste Stück Papier verschwindet, das Bild desselben b gerade auf die Stelle falle, wo der Sehnerve durch die sogenannte Siebplatte

in

in das Auge eintritt. Diese Stelle scheint also gegen das Licht unempfindlich zu seyn. Die beyden links und rechts davon fallenden Bilder a und c werden empfunden.

Man kann den Versuch auch auf dem ersten besten Blatt Papier anstellen, wenn man mit Tinte drey Puncte etwa zwey Zolle voneinander macht, und das Auge, wie eben beschrieben, etwa in einer Entfernung von zehn Zoll nach dem Punct rechter Hand richtet.

23.

Fehler der Augen.

Das Auge ist ein so feines und künstlich gebautes Organ, daß es mehr zu verwundern ist, wie es ein Menschenleben hindurch unverletzt und unzerstört bleiben kann, als daß es so manchen Mängeln und Fehlern unterworfen ist. Wir müssen einige der gewöhnlichsten Augenfehler hier kürzlich erörtern; vielleicht daß mancher unserer jungen Leser dadurch desto aufmerksamer auf dies kostbare Werkzeug wird, denn in der Jugend kann man es am leichtesten verderben, und in der Jugend kann man auch einem schon anfangenden Fehler noch am ersten abhelfen.

Die Augenfehler betreffen theils die innere

Structur, theils bestehen sie in einer fehlerhaften Beschaffenheit der Flüssigkeiten, theils gründen sie sich in Nervenschwächen, theils liegen sie in den äussern Muskeln des Augapfels.

Das Auge muß sich, wie wir oben erwähnt haben, für entfernte und für nahe Gegenstände einrichten können. Hat es diese Fertigkeit nicht, es sey nun durch einen angebornen Fehler, oder durch Verwöhnung, oder durch Alter, so ist es kurzsichtig oder weitsichtig.

Kurzsichtigkeit ist einer der gewöhnlichsten Fehler. Wir machen daher mit dieser den Anfang. Sie besteht darin, daß man nur nahe Gegenstände deutlich sehen kann. Sie findet sich in sehr verschiedenen Graden. Es giebt Personen, die nur in der Entfernung von 3 bis 4 Zollen noch lesen können, und das Buch beynahe unmittelbar an die Nase halten müssen.

Woher im Allgemeinen dieser sehr unbequeme Fehler rühre, ist aus dem Obigen klar. Entfernte Gegenstände machen ein nahes Bild. Im kurzsichtigen Auge sind Hornhaut und Crystallinse zu erhaben, und brechen die Strahlen zu stark, oder der Boden des Auges ist zu weit von der Linse entfernt, so daß nur Bilder naher Gegenstände die Netzhaut erreichen, die Strahlen von entfernten Puncten aber schon vor der Netzhaut sich vereinigen, und sich in der glasartigen Feuchtigkeit durchkreuzen. So verbreiten sich also Strahlen, die einem Puncte zugehören, auf der Netzhaut in eine

kleine

kleine Kreisfläche. Der Punct wird also nicht als ein Punct, folglich eine Linie nicht als eine Linie empfunden; alle Gränzen der Körper werden undeutlich. Dies ist also die Beschaffenheit des Auges, welche den Fehler der Kurzsichtigkeit ausmacht. Und nun, woher kömmt diese fehlerhafte Beschaffenheit?

Bey jungen Kindern ist die Crystallinse sehr convex; man könnte also vielleicht nicht mit Unrecht sagen, daß kleine Kinder immer gewissermaaßen kurzsichtig sind. Es kann nun seyn, daß zuweilen diese große Convexität, oder große Länge des Auges angeborner Fehler ist; aber gewiß ist unter zehn Kurzsichtigen nicht Einer, bey dem dies der Fall ist; bey weitem die Meisten sind es durch Verwöhnung. Man bleibe nur einmal eine halbe Stunde mit krummen Beinen sitzen, so wird man fühlen, wie steif man geworden ist, und wie viel Mühe es macht, die Beine wieder gerade zu strekken. Bey dem Auge nicht anders. Gewiß ist Anziehung und Nachlassung der Muskeln in und an dem Auge so gut, wie an den übrigen Gliedern des Körpers. Nur daß wir beym Auge noch nicht so ganz bestimmt wissen, durch welche Muskeln die nöthige Veränderung hervorgebracht werde. Ist es nun zu verwundern, wenn wir von Jugend auf sechs Stunden des Tages auf das nahe Papier sahen, daß die Augen endlich nur für diese Nähe sich einrichten, und für entlegene Gegenstände am Ende untauglich werden! Gewiß sind viele meiner jungen Leser, und die Fleißigsten

sten unter ihnen am meisten in dem Falle, entweder schon kurzsichtig zu seyn, oder es zu werden. Möchten sie sich doch, indem sie dies lesen, fest vornehmen, dem Fehler so viel möglich entgegenzuarbeiten. Knaben und Jünglinge, zumal diejenigen, die sich den Wissenschaften widmen, können es freylich nicht vermeiden, einen großen Theil des Tages nahe auf das Papier zu sehen, beym Lesen, Schreiben und Zeichnen; auch Mädchen, die zu weiblichen Arbeiten angehalten werden, zum Nähen und besonders zum Zeichnen, Sticken und Spitzen machen, können es nicht vermeiden; aber doch kann durch Vorsicht und durch entgegengesetzten Gebrauch des Organs in den Freystunden der Schaden vermindert werden.

Ich behalte es mir vor, nachher noch einige Vorsichtsregeln zur Erhaltung der Augen zusammenzustellen, die ich von allen meinen jungen Lesern beherzigt und befolgt wünsche.

Wir kommen jetzt zu dem entgegengesetzten Fehler.

24.

Fortsetzung.

Die Weitsichtigkeit besteht darin, daß das Auge nur entfernte Gegenstände deutlich, alle nahen

Gegen=

Gegenstände aber undeutlich sieht. Die Beschaffenheit des Auges ist dabey folgende: entweder ist die Crystallinse, oder die Hornhaut, oder beyde sind zu stark gekrümmt, brechen die Strahlen nicht stark genug, oder das Auge ist in Rücksicht dieser geringen Convexität zu kurz, das heißt, die Netzhaut ist der Crystallinse zu nahe, so daß Strahlen von nahen Gegenständen erst hinter der Netzhaut sich vereinigen, also Licht, was von einem Puncte herkommt, noch in eine Kreisfläche auf der Netzhaut verbreitet, folglich kein Punct und keine Linie deutlich als Punct, als Linie empfunden werden kann. Der Fehler ist bey alten Personen gewöhnlicher, als bey jungen. Im Alter haben die Feuchtigkeiten des Auges weniger Zufluß; die Linse, vielleicht auch die Hornhaut werden flächer. Wenn also von der einen Seite der Fehler der Kurzsichtigkeit, wie es scheint, beschwerlicher ist, und den damit behafteten gemeiniglich durch die schönste Periode des Lebens begleitet, ihn manches Vergnügens der schönen Natur beraubt, und mancher Verlegenheit im gesellschaftlichen Leben aussetzt, so hat von der andern Seite der Kurzsichtige einige Hoffnung, daß sein Augenfehler, wenn er ihn anders nicht muthwillig oder unvorsichtig selbst unterhält und verstärkt, mit zunehmenden Jahren eher abnehmen als zunehmen werde.

Das kurzsichtige Auge ist also zu lang, das weitsichtige zu kurz.

Das kurzsichtige sieht nur durch Strahlen deutlich,

lich, welche von einem Puncte divergirend auf das Auge fallen; das weitsichtige nur durch solche, welche parallel darauf fallen.

Nun wäre noch ein dritter Fehler möglich, daß ein Auge nur durch Strahlen deutlich sähe, welche convergirend in dasselbe kämen.

Ein solches Auge bringt aber die Natur sich selbst überlassen wohl schwerlich hervor, da es ohne künstliche Mittel durchaus nichts weder weit, noch nahe deutlich sehen könnte. Denn von einem Puncte gehen Strahlen immer divergirend aus, und man kann nur sagen, Strahlen von sehr entfernten Puncten kommen so gut wie parallel ins Auge; convergirende Strahlen können aber von einem Puncte ausgehend gar nicht gedacht werden.

Nur durch gewaltsame Aenderung kann ein Auge die erwähnte Beschaffenheit erhalten, und solche Augen sind die, denen die Crystallinse fehlt.

Wenn dieser Körper sich verdunkelt, — eine traurige Krankheit, welche der graue Staar genannt wird, so weiß die geschickte Hand des Augenarztes diese Fehler zu heben, indem sie die unbrauchbare undurchsichtige Linse entweder aus ihrer Lage drückt, oder ganz herausnimmt. Es wird zu dem Ende ein feiner Einschnitt in die Hornhaut gemacht, und durch die gemachte Oeffnung die Linse behutsam herausgezogen. Natürlich fließt die wässerichte Feuchtigkeit zugleich mit

heraus; allein diese ersetzt sich wieder, wie wir schon oben erwähnten, der Schnitt in die Hornhaut heilet in kurzer Zeit wieder zu, wenn sich das operirte Auge ruhig verhält, und es hat nun wenigstens seine Durchsichtigkeit wieder, es ist dem Lichte wieder zugänglich, und was nun noch abgeht, kann durch künstliche Mittel ziemlich ersetzt werden.

Ein solches operirtes Auge, was der Crystalllinse beraubt ist, bricht nemlich die Strahlen nun bey weitem zu schwach, um deutlich zu sehen. Selbst Parallelstrahlen vereinigen sich erst weit hinter der Netzhaut, und nur convergirende Strahlen können auf derselben in einen Punct zusammenlaufen. Um dieses zu erhalten, müßte man eine künstliche Crystalllinse in das Auge anbringen; allein dieses Mittel ist nicht wohl zu versuchen. Falsche Zähne, falsche Haare, falsche Waden, falsche Hüften, falsche Ellenbogen, falsche Augen — aber unsehende — hat man zwar dem Menschen schon oft genug ein — und angesetzt, aber mit falschen Crystalllinsen hat man es noch nicht versucht. Wenn man aber keine ins Auge bringen kann, so kann man doch eine davor bringen, und die Sache ist dieselbe, nur daß der Mensch sie an einem Bügel auf der Nase tragen muß.

25.
Augengläser.

Den Fehlern der Augen, welche wir so eben beschrieben haben, kann durch gehörig geschliffene Gläser gewissermaaßen abgeholfen werden. Augengläser oder Brillen sind in der That eine große Wohlthat, und es ist Schade, daß wir von dieser, wie von so vielen andern nützlichen Erfindungen, nicht genau Zeit und Ort und Urheber wissen. Was man von der Geschichte dieser Erfindung weiß, ist ungefähr folgendes. Ein arabischer Mathematiker Alhazen, der im 12. Jahrhundert lebte, bemerkt in seiner Optik, daß durch ein Segment einer Glaskugel Gegenstände vergrößert erscheinen. Wenn dies also auch nicht eigentlich die erste Idee von Brillen war, wobey es eigentlich auf Vergrösserung nicht abgesehen ist, so möchte es doch wohl die erste Idee von planconvexen Linsengläsern seyn. Freylich spricht Alhazen noch von dem größern Segment. Roger Bacon aber, der gegen das Ende des 13. Jahrhunderts lebte, kömmt schon den Brillen näher, indem er von dem kleineren Segment einer Glaskugel bemerkt, daß es auf die Buchstaben gelegt, diese grösser darstelle. Man kann aber weder von Alhazen noch von Bacon sagen, daß dies ihre Entdeckung sey, sondern nur daß sie von ihnen,

so

so viel man weiß, zuerst schriftlich erwähnt wird.

Im 14. Jahrhundert endlich hat man bestimmte Nachrichten von Brillen, aber nicht von ihrem ersten Verfertiger. Man weiß bloß aus einer Predigt eines italienischen Benedictinermönchs vom Jahr 1305, daß die vortrefliche Erfindung der Brillen damals ungefähr seit zwanzig Jahren bekannt gewesen sey; ferner daß ein Mönch aus Pisa, der Alexander de Spina genannt wird, und 1313 gestorben seyn soll, die Brillen zwar nicht zuerst gemacht, aber weil der erste Verfertiger sie nicht mittheilen wollte, nachgemacht, und gern uud willig mitgetheilt habe.

Die Brillen können überhaupt eingetheilt werden in concave und convexe. Jene für kurzsichtige, diese für weitsichtige und vom Staar befreyte Augen.

Der Kurzsichtige braucht eine concave Brille. Gesetzt die größte Weite, in der er einen Gegenstand deutlich sieht, sey 8 Zoll; will er nun entfernte Gegenstände durch das Hohlglas deutlich sehen, so muß es ihm die Strahlen von jedem Puncte so ins Auge bringen, als ob sie aus dieser Weite herkämen. Es sey Fig. 28 A ein sehr weit entfernter Punct, von dem die Strahlen als parallel angesehen, und vom kurzsichtigen Auge nicht auf der Netzhaut, sondern vor derselben vereinigt werden. Durch das Hohlglas C werden nun diese Parallelstrahlen so ins Auge gebracht, als ob sie von B dem negativen, oder

geome=

geometrischen Brennpunkt des Glases ausgiengen. Sie kommen also stark divergirend ins Auge, und werden nun auf der Netzhaut gehörig vereinigt. So sieht also das Auge den Punct und folglich den ganzen weit entfernten Gegenstand deutlich. Aber es sieht ihn auch zugleich etwas verkleinert, denn es sey Fig. 29 AOF der Winkel, unter welchem ohne Glas ein entfernter Gegenstand gesehen würde. Mit dem Glase nun wird er nur unter dem Winkel AOG gesehen, weil der vorige Hauptstrahl FO, welcher vorher ungebrochen durch die Mitte der Crystallinse gieng, und also den Gesichtswinkel bestimmte, jetzt nicht mehr auf die Mitte des Auges kommt, sondern nach I hin von dem Glase gebrochen wird; dagegen aber ein anderer Strahl FK durch das Glas nach der Mitte O hin gelenkt, und für das Auge Hauptstrahl wird. Das Bild auf der Netzhaut würde ohne Glas die Länge af′ haben, mit dem Glas aber nur die Länge af″. Die Verkleinerung ist desto weniger merklich, je näher das Auge der Mitte des Glases gehalten wird.

Das eben Gesagte galt für parallel Strahlen. Das Glas dazu müßte so gewählt werden, daß seine negative Brennweite gleich ist der größten Weite, in der das Auge noch deutlich sieht. — Vor allen Dingen nicht kleiner, sonst verwöhnt sich das Auge noch mehr an sehr divergirende Strahlen.

Will der Kurzsichtige das Glas nicht als Lorgnette

nette für sehr entfernte Gegenstände, sondern nur als Brille zum Behuf des Lesens und Schreibens gebrauchen, also für nähere Gegenstände, so muß das Glas noch weniger concav, oder flächer geschliffen seyn, doch dessen negative Brennweite muß noch etwas größer genommen werden.

Immer wähle also der Kurzsichtige ein Glas, welches, indem es ihm noch die erforderliche Deutlichkeit gewährt, doch dabey so wenig als möglich verkleinert.

Es ist ferner noch zu bemerken, daß es besser ist, gleich für beyde Augen Gläser zu wählen, als ein einzelnes Hohlglas (einfache Lorgnette) zu gebrauchen, weil man sich dadurch verwöhnt, nur das eine Auge anzustrengen, und das andere ruhen läßt. Wenigstens muß man die einfache Lorgnette nicht immer vor dasselbe Auge halten. Sind die Augen von ungleicher Güte, so muß man eigentlich für jedes Auge das Glas besonders aussuchen, um keines noch mehr zu verderben.

26.

Fortsetzung.

Die Hohlbrillen, vorausgesetzt, daß sie gehörig d. h. von so großer Brennweite, als das Auge es zuläßt, von recht hellem Glase, guter Centrirung

rung u. s. w. gewählt sind, können allerdings einem Kurzsichtigen wesentlichen Vortheil bringen. Ohne ihre Hülfe muß er die Augen nahe an das Buch, worinn er liest, oder an das Papier, worauf er schreibt oder zeichnet, bringen: dadurch werden die inneren Augenmuskeln immerfort angestrengt, um die Augenachsen auf einen nahen Punct zu richten. Die äussern Muskeln werden in beständiger Ausdehnung erhalten, und verlieren so am Ende das Vermögen, die Augenachsen wieder parallel zu richten. Daher kömmt denn ein zweyter Fehler, der sehr häufig mit dem Fehler der Kurzsichtigkait verbunden ist, nemlich, daß beyde Augen sich gar nicht mehr auf einen entfernten Gegenstand zu fixiren im Stande sind, sondern wenn der Mensch nach einem solchen Gegenstand sehen will, auf einen näheren Punct in der Luft zusammen gehen. Die entfernten Gegenstände kommen dadurch immer ausser dem Horopter, und werden doppelt gesehen. Es giebt Kurzsichtige, die diesen Fehler wirklich haben, ohne es zu wissen. Man sieht es an ihren Augen, daß sie gegeneinander auf einen nahen Punct in der Luft gerichtet sind, indessen empfinden sie nicht das Doppelterscheinen; dies ist eine Anzeige, daß sie nur eigentlich mit dem einen Auge bewußterweise sehen, und das andere nicht gebrauchen. Man kann dies an seinen eigenen Augen auch willkührlich erfahren. Man sehe erst auf einen entfernten Punct, ich will setzen, auf eine Lichtflamme,

am

am Ende des Zimmers, sodann sehe man auf den nä=her gehaltenen Finger, so erscheint die Lichtflamme doppelt, eine links, die andere rechts von dem Fin=ger, weil sie nicht im Horopter liegen; dies haben wir schon vorhin erwähnt. In dieser Lage nun ist weder das eine, noch das andere Auge gegen die Flamme gerichtet. Nun aber wende man den Kopf oder die Augen, so daß das eine z. B. das linke Auge gegen die Flamme P Fig. 30 gerichtet ist, oder daß dessen Achse verlängert die Flamme trifft; so sieht dieses die Flamme deutlich, weil sich ihr Bild auf die Mitte der Netzhaut, der Mitte der Pupille gerade gegenüber, abmalt; hin=gegen das andere rechte Auge, welches nach Q gerichtet ist, sieht nun die Flamme um desto un=deutlicher und schwächer, weil ihr Bild in diesem Auge nun noch weiter seitwärts von der Mitte fällt.

Dieses Doppeltsehen, oder diese Unbestimmt=heit des Horopters ist für den Kurzsichtigen eine der größten Unbequemlichkeiten. Eben wegen dieser Be=schwerde, die es seinen äussern Augenmuskeln macht, die Augen parallel zu richten, übet er diese nun endlich gar nicht mehr auf entfernte Gegenstände, die confus vor ihm schwinden; er sieht daher lie=ber vor sich hin auf den Boden, oder auf einen Punct in freyer Luft, wo nichts ist. Man be=merkt daher auch gewöhnlich bey Kurzsichtigen, daß sie Jemand, der mit ihnen spricht, nicht an=sehen, weil sie ihre Augen nicht bestimmt auf

einen etwas weiter als um die Leseweite von etwa sechs bis acht Zoll entfernten Punct fest halten können. Wenn ein seynwollender Physiognom aus dieser Unstätigkeit des Blicks oder aus diesem Niedersehen auf ein böses Gewißen schlöße, so machte er einen Fehler, wie er den Physiognomen oft begegnet ist.

Dieser üblen Angewöhnung der Augenmuskeln kann durch die gut gewählten Hohlbrillen einigermaßen vorgebeugt werden, denn mit ihnen ist nun der Mensch im Stande, nach und nach eine größere Leseweite zu erlangen. (Ich rede hauptsächlich von denen, die Berufs halber viel auf Bücher und Papier sehen müßen, weil diese am häufigsten kurzsichtig sind.) Hat man aber einmal eine größere Leseweite erlangt, so ist schon viel gewonnen; denn nur vornehmlich die sehr große Nähe von 8, 6, ja wohl 4 Zollen ist für die Muskeln des Auges, (so wie für seine innere Structur) so sehr schädlich. Gesetzt man habe seine Augen verwöhnt, immer auf den sehr nahen Punct Q Fig. 31, es mag das Blatt Papier auf dem Schreibtisch seyn, zu sehen, nun wird es sehr schwer werden, sie nur erst auf den etwas entfernten Punct P, es mag das etwa zehn Fuß entfernte Fenster seyn, zu fixiren. Hat man aber dies erlangt, so wird es nun schon weniger Mühe kosten, sie ganz parallel d. h. auf einen unendlich entfernten Punct U zu richten. Die äußeren Muskeln müßen die Augen um einen größern Winkel dre=

drehen, um ihre Achsen von dem nahen Papier nach dem Fenster, als um sie von diesem nach einem Fixstern zu richten. Die Entfernungen RP;RU wachsen, wie die Tangenten der Winkel, welchen die Achsen mit AB machen. Wenn sich diese Winkel vergrößern, so vergrößern sich die Entfernungen in einer weit stärkern Verhältniß. Wenn die Winkel nur erst 50, 60, 70 Grad sind, dann ist mit wenig Drehung viel Entfernung gewonnen, oder umgekehrt, zu viel Entfernung gehört dann nur wenig Drehung, also wenig Zusammenziehung der äusseren Augenmuskeln.

27.

Fortsetzung.

Der Weitsichtige braucht Convexbrillen, um nahe Gegenstände, die ihr Bild hinter die Netzhaut werfen würden, deutlich zu sehen. Diese Gläser bringen ihm die sonst zu sehr divergirenden Strahlen näher zusammen, so, daß sie wie parallel ins Auge kommen, und ersetzen so die für die geringe Länge des Auges zu schwache Brechungskraft der Crystallinse. Der zu sehende Gegenstand wird um die Brennweite des Glases von demselben entfernt, um Parallelstrahlen zu erhalten. Will der Weitsichtige sein Auge gewöhnen, durch etwas

divergirende Strahlen zu sehen, so braucht er nur den Gegenstand etwas näher zu bringen.

Man kann sagen: daß der Weitsichtige mehr Nutzen von seiner convexen Brille habe, als der Kurzsichtige von seiner concaven. In so ferne er nur Parallelstrahlen haben will, kann er jedes convexe Glas gebrauchen, er braucht nur den Gegenstand, den er deutlich sehen will, in den Brennpunct desselben zu halten, und ausserdem verkleinert das Glas nicht, sondern vergrößert eher noch etwas.

Indessen ist diese Vergrösserung, (so wie beym Concavglase die Verkleinerung) unbeträchtlich, wenn das Glas nahe vor das Auge gehalten wird, und übrigens nicht gar zu sehr gekrümmt ist.

Dieses muß der Weitsichtige wie der Kurzsichtige vermeiden, auch er muß sich Gläser wählen, die nicht zu convex, das heißt, nicht nach einem zu kleinen Halbmesser geschliffen sind, aus einem ähnlichen Grunde wie oben, um sich nicht noch mehr zu verderben, und für divergirende Strahlen vollends untauglich zu machen. Wir wollen dies noch näher erläutern.

Gesetzt der Weitsichtige kann noch allenfalls einen Gegenstand in der Weite PO halten, so daß dies die **kleinste** Weite seines deutlichen Sehens ist. Ein mit sehr großen Lettern gedrucktes Buch, wie manche alte und für Alte bestimmte Gesang= und Gebetbücher, möchte er nun etwa in dieser

Ent=

Entfernung PO zur Noth noch lesen können, falls die Weite nicht schon groß wäre, um das Buch bequem in der Hand zu halten. Nicht gar große Lettern, wie die des gewöhnlichen Drucks, würden aber in dieser Entfernung unter einem zu kleinen Gesichtswinkel, und also deshalb undeutlich in einer andern Bedeutung des Worts erscheinen, d. h. von jedem Puncte würden zwar die Strahlen noch auf der Netzhaut zusammen kommen, aber wegen zu geringer Größe des Bildes würde der Buchstab nicht mehr erkenntlich seyn. Das Auge muß also, um lesen zu können, das Buch näher an das Auge bringen, um die Buchstaben unter hinlänglich großem Gesichtswinkel zu sehen. Dies finde nun Statt, wenn es in Q gehalten wird. Hier würde nun zwar der Gesichtswinkel hinlänglich groß seyn, aber die Deutlichkeit würde nicht Statt finden. Das Converglas muß also die Strahlen von Q so ins Auge bringen — nicht als ob sie parallel oder von einem unendlich entfernten Puncte, sondern als ob sie von P, aus der kleinsten Weite seines deutlichen Sehens kämen. Bräche es die Strahlen ganz parallel, so würde sich das Auge dadurch in dem Fehler der Weitsichtigkeit immer mehr befestigen.

In dieser Hinsicht kann man nun nicht mehr sagen, daß dem weitsichtigen Auge jedes convexe Glas gleichgültig sey.

Von zu großer Brennweite darf es nicht seyn, weil

weil das Buch nicht so weit würde gehalten werden können, und weil der Sehewinkel, unter dem die Buchstaben erscheinen, zu klein würde; von zu kleiner Brennweite auch nicht, weil es das Auge völlig zu Parallelstrahlen gewöhnen würde.

28.

Fortsetzung.

Ein Auge, dem die Crystallinse fehlt, muß eine Staarbrille, d. h. eine sehr convexe Brille haben, welche die Crystallinse ersetzt, und Strahlen von nahen Gegenständen convergirend einfallen läßt.

Alte Personen bedienen sich auch der sogenannten Lesegläser. Diese unterscheiden sich von den Brillen dadurch, daß man zugleich dabey Vergrößerung zur Absicht hat.

Diese Gläser sind von einem beträchtlichen Durchmesser, wie die gewöhnlichen Brenngläser, und werden nicht nahe ans Auge, sondern näher an den Gegenstand gehalten. Wie diese Gläser vergrößern, wird aus Folgendem erhellen, wenn wir zeigen, wie überhaupt Gegenstände durch Convergläser erscheinen.

Wir müßen dabey auf die Lage des Gegenstandes und des Auges gegen das Converglas Rück-

Rücksicht nehmen. Immer stehen beyde an verschiedenen Seiten des letztern; nun kann der Gegenstand, entweder weiter oder eben so weit oder näher, als der Brennpunct von dem Glase seyn.

Ist der Gegenstand weiter, als der Brennpunct von dem Glase, so vereinigen sich die Strahlen von jedem Puncte desselben wirklich hinter dem Glase, und machen ein umgekehrtes physisches Bild, in einer Weite, die oben durch eine leichte Formel bestimmt ist. In der 33. Fig. sey AB der Gegenstand, F der Brennpunct, ab sein Bild umgekehrt hinter dem Glase. Steht nun das Auge nahe am Glase, zwischen Glas und Bild, so wird sich das Bild ins Auge projiciren, aber undeutlich, weil es nicht gerade die Netzhaut trift, sondern die Strahlen convergirend von jedem Puncte ins Auge kommen. Das Auge, dem die Crystallinse fehlt, würde so allenfalls deutlich sehen. Steht das Auge in dem Orte des Bildes selbst, so empfängt es nur Strahlen von einem Punct oder einer kleinen Stelle des Gegenstandes, und sieht gar kein Bild, sondern einen verworrenen Schein, weil die Strahlen im Auge auseinander sehen. Steht endlich das Auge in O weiter hinter dem Glase, als das Bild, so sieht es dieses umgekehrte physische Bild, welches in freyer Luft schwebt, und zwar deutlich, wenn es um die Weite seines deutlichen Sehens davon entfernt, undeutlich, wenn es zu nahe, oder für einen Kurzsichtigen

gen auch zu weit ist. Dem Auge scheint das Bild auf dem Glase zu schweben, weil es von der Entfernung desselben vom Glase nicht urtheilen kann, außer durch Parallaxe, d. h. durch den Winkel, welchen Linien aus zwey Puncten nach dem Bilde hin miteinander machen. Eine solche Parallaxe findet nun Statt, wenn man beyde Augen hinrichtet; dann kann man an der Richtung der Augenachsen bemerken, daß man, indem man das Bild betrachtet, wirklich nicht nach dem Glase, sondern auf einen näheren in freyer Luft liegenden Punct sieht. Man wird auch, wenn man das Bild mit beyden Augen ansehen will, eine unangenehme Anstrengung in den Augen fühlen, so lange man sich nicht weit genug hinter dem Glase entfernt hat, weil das Bild noch zu nahe ist, und die Augenachsen sehr convergent gerichtet werden müssen. Auch ist in einer nicht großen Entfernung der Augen vom Bilde einige Unbestimmtheit in der Richtung der Augen, welche diese ermüden und verwirren.

Ich will mich erklären.

Die 33. Figur mag gleich mit dazu dienen. Man nehme an, statt des einen Auges in der Achse des Glases in O stehen zwey Augen in derselben Weite vom Glase, das rechte in R, das linke in L. Der Punct A, oder vielmehr der Punct a des Bildes wird vom rechten Auge durch den Strahl AEaR, vom linken durch den Strahl ADaL empfunden. Dieß nemlich sind die beyden Hauptstrahlen für die beyden

Augen,

Augen, das heißt, diejenigen, die auf die Mitte der Crystallinse fallen. Außer diesen können etwa noch einige Nebenstrahlen von andern nahe um D und E gelegene Puncten des Glases ins Auge kommen. Der Punct a wird also von beyden Augen in der angenommenen Lage gesehen. Aber wie wird es mit dem Puncte b seyn?

Von diesem Puncte der Bilder bekommt das linke Auge L in unserer Zeichnung den Hauptstrahl das Glases BCbL, allein das rechte Auge müßte einen Strahl bR bekommen, um den Punct b zu empfinden. So einen Strahl giebt es hier aber gar nicht, weil das Glas sich nicht bis G herunter erstreckt, wo dieser Strahl herkommen müßte. Mithin sieht das rechte Auge den Punct b nicht, indem das linke ihn siehet. Solche Lagen der beyden Augen können nun in einiger Nähe am Bilde oft vorkommen, wo nemlich einige Puncte von beyden andern nur von einem Auge gesehen werden können. Die Augenachsen richten sich am ersten nach dem Glase, oder nach dem noch entfernten Gegenstand selbst, dessen Bild gesehen werden soll. Sie sind also auf einen entferntern Punct gerichtet, als das nahe umgekehrte Bild, und befinden sich daher mit diesem letztern in demselben Falle, wie mit jedem andern Gegenstande der diesseits des Horopters liegt, wovon wir zuvor gesprochen haben. Jedes Auge sieht sein Bild für sich; es werden zwey Bilder empfunden, wie man auch leicht bemerken kann, wenn das Glas hinlängliche

Größe

Größe hat. Verdeckt man das linke Auge, so verschwindet das Bild rechter Hand und umgekehrt.

Ein einziges solches convexes Glas, wenn es eine ziemlich große Brennweite hat, und folglich ein nicht zu kleines Bild macht, kann gewißermaßen als ein Fernglas dienen. Man stelle es auf, (denn mit der Hand würde man es nicht in hinlänglicher Entfernung halten können) so daß es gegen einen entfernten Baum, Thurm u. dgl. gerichtet ist, und halte das Auge in gehöriger Entfernung, die man durch Versuchen leicht findet, in der Achse des Glases, so wird man das Bild des Baums oder Thurms sehen, und zwar unter einem weit größern Gesichtswinkel, als den Gegenstand selbst, wenn man nicht gar zu weit hinter dem Bilde steht. Das eine Auge wird am besten verschlossen. Kurzsichtigen gelingt dieser Versuch vielleicht besser, als Weitsichtigen, weil die Strahlen vom Bilde divergiren.

Hält man, nachdem man das Bild gefunden hat, nahe vor das Auge ein convexes Glas von kurzer Brennweite, so daß das Bild in diesem Brennpunct steht, so hat man das astronomische Fernrohr ohne Rohr, (der Widerspruch ist blos verbal) wovon wir nachher reden werden.

29.

Fortsetzung.

Wir betrachteten bis jetzt die Erscheinung eines Gegenstandes durch eine convexe Glaslinse, wenn jener außerhalb der Brennweite vor dem Glase war, und also ein umgekehrtes wirkliches Bild hinter dem Glase machte. Jetzt müßen wir noch die beyden andern Lagen nehmen, deren wir erst erwähnten, nemlich, wenn der Gegenstand in dem Brennpuncte der Glaslinse, oder noch näher an dieses steht.

Für den zweyten Fall also, wo der Gegenstand im Brennpuncte steht, sey Fig. 34 entworfen. Die Strahlen, welche von einem und ebendemselben Puncte herkommen, werden hier nach der Brechung alle parallel, und machen kein Bild. Das Auge sey in O; stünde es in C, so würde es den Gegenstand unter dem Gesichtswinkel ACB sehen. Jetzt hinter dem Glase in O bekommt es den Strahl AC, wie vorhin in C. Der Strahl BC aber, welcher ungebrochen nach E geht, wird das Auge in dieser Lage nicht mehr treffen: er könnte es nur dann, wenn dieses unmittelbar an das Glas gehalten würde. Der Strahl, der für das Auge jetzt Hauptstrahl wird, ist in unsrer Zeichnung der gebrochene BDO; das

Auge sieht also den Gegenstand unter dem Winkel COD. Aber da DO mit BC parallel ist, so ist dieser Winkel COD dem vorigen ACB völlig gleich. Es ist folglich hier keine Vergrößerung des Gesichtswinkels bey einerley Entfernung des Gegenstandes. Demungeachtet kann man allerdings auch hier sagen, daß das Glas vergrößere, nemlich in so fern, daß man den Gegenstand AB, um ihn deutlich zu sehen, vielleicht in einer weit größeren Entfernung hätte stellen müßen, da man ihn denn unter einem viel kleineren Gesichtswinkel gesehen hätte. Das Glas verstattet, ihn in eine größere Nähe zu bringen, weil es die sonst zu sehr divergirenden Strahlen parallel ins Auge bringt. Es versteht sich also, daß die Vergrößerung in diesem Sinne nur Statt findet, wenn die Brennweite des Glases kleiner ist, als die gewöhnliche oder auch kleinste Weite des deutlichen Sehens, auf jeden Fall also für ein gut eingerichtetes Auge kleiner als 8 Zolle. Wenn übrigens die Entfernung des Auges vom Glase CO beträchtlich ist, so findet auch in dem Sinne Vergrößerung des Gesichtswinkels Statt, daß der vorige AOB kleiner ist, als jetzt AOD.

Wir haben jetzt endlich noch den letzten Fall zu erwägen, wenn der Gegenstand näher an dem Glase ist, als der Brennpunct Fig. 35.

Es kommt in diesem Falle ebenfalls kein physisches Bild zu Stande. Die Strahlen, die von einem Puncte z. B. von B herkommen, divergiren nach der Brechung immer noch, obwohl weni=

weniger als vorher, so als ob sie aus einem entlegeneren Puncte b ausgiengen.

Der Gegenstand erscheint aufrecht und vergrößert. In wie ferne er vergrößert erscheint, müßen wir noch mit wenigem erklären. Ohne Glas würde das Auge Fig. 35 O den Gegenstand AB unter dem Gesichtswinkel AOB sehen. Durch die Brechung aber wird der Strahl BO in D gebrochen, und geht nach der Richtung DE, so daß er entweder das Auge gar nicht trifft, oder doch für dasselbe nicht mehr Hauptstrahl bleibt, der durch die Mitte der Crystallinse ungebrochen durchgieng. Es wird nun ein anderer Strahl von B etwa BG nach der Brechung nach der Richtung GO so ins Auge kommen, daß er jetzt Hauptstrahl für das Auge wird, mit dem sich die übrigen von B herkommenden auf der Netzhaut in b'' vereinigen. Der Gegenstand wird also unter dem Gesichtswinkel aob gesehen, welcher größer ist, als der AOB war.

Unmittelbar am Glase fällt diese Vergrößerung weg, weil BC der Hauptstrahl für das Auge bleibt. Ein Auge in C gehalten, sieht ohne und mit dem Glase den Gegenstand unter dem Winkel ACB, wenigstens mit unmerklicher Veränderung.

30.

Fortsetzung.

Da meine obige Darstellung der Erscheinung der Gegenstände durch sphärische Gläser, in den Fällen, wo kein physisches Bild zu Stande kömmt, in etwas von derjenigen abweicht, welche man in Lehrbüchern findet, so muß ich mich noch ein paar Augenblicke bey dieser Materie verweilen, damit meine jungen Leser nicht irre werden. Gewöhnlich wird nemlich die Sache so vorgestellt. Das Auge bekomme die Strahlen, wie wenn sie von dem geometrischen Bilde herkämen; ob dieses Bild wirklich da sey oder nicht, sey ein ganz gleichgültiger Umstand.*)

Bey dem Hohlglase also Fig. 36 bekomme das Auge die Strahlen von dem Gegenstande AB so, als ob sie von ab ausgiengen. Da nun dieses geometrische Bild kleiner sey als AB, so sehe das Auge den Gegenstand verkleinert.

Diese Vorstellung ist richtig, wenn das Auge dicht an das Glas gehalten wird. Allerdings muß dann, auch mit einem einzigen Auge gesehen, der Gegenstand in scheinbarer Größe und Lage etwas verändert erscheinen, denn das Auge wird

so

*) Gehlers physik. Wörterbuch. Linse.

so gerührt, als ob die Strahlen von nähern Puncten herkämen, und wird also (den Gesichtswinkel wirklich als verändert angenommen) durch Täuschung den Gegenstand näher, und eben deshalb kleiner sehen.

Wenn aber das Auge in einiger Entfernung vom Glase steht, so kommt wirkliche Verkleinerung des Gesichtswinkels hinzu, wie ich oben mit Beziehung auf die 29. Fig. dargethan habe.

Ferner vom Convexglase, wenn der Gegenstand innerhalb der Brennweite steht Fig. 35, heißt es ebenfalls: das Auge sehe das geometrische Bild ab, und dieses sey größer als der Gegenstand AB. „Der Gegenstand erscheine also vergrößert, nicht wegen des Sehewinkels, dieser bliebe durch das Glas derselbe, wie ohne das Glas in C, sondern weil die Strahlen als minder divergirend ein deutlicheres Bild im Auge machen, welches auf die Seele dieselbe Wirkung thun möchte, als wenn die Puncte des Bildes im Auge weiter auseinander gerückt würden; oder wir hätten durch die Erfahrung eine Fertigkeit erlangt, mit der scheinbaren Größe der Gegenstände eine Empfindung von der Divergenz der Strahlen zu verbinden“ *)

Ich wiederhole hiebey, was ich beym Concavglase sagte: wenn das Auge dicht am Glase liegt, so mag der Grund richtig seyn; aber wenn es in einiger Entfernung von demselben ist, so kommt

*) Klügels Encyklopädie II. S. 437. 1792.

kommt wirkliche Vergrößerung des Gesichtswinkels hinzu.

Wer sich von der wirklichen Verkleinerung des Sehewinkels beym Hohlglase und der wirklichen Vergrößerung beym Converglase im angeführten Falle überzeugen will, kann es durch einen leichten Versuch bewerkstelligen. Es ist nemlich dazu nichts weiter nöthig, als daß man einen Handzirkel nehme, und mit unverrückter Lage des Auges und der Hand den scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes nicht gar weit vom Auge mit den Zirkelspitzen fasse, und dann mit der andern Hand das Glas zwischen Gegenstand und Zirkel bringe, wo er denn unbezweifelt beym Converglase Vergrößerung, beym Concavglase Verkleinerung des Sehewinkels wahrnehmen wird. Glaubt man sich nicht auf die unverrückte Lage des Auges und der Hand gegen das Object verlassen zu können, so kann man leicht den Punct des Auges durch irgend eine Diopter fixiren und den Zirkel feststellen.

31.

Noch Einiges über Fehler der Augen.

Nachdem wir die beyden Fehler der Augen, Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit, nebst den Mitteln, den damit behafteten Augen zu helfen, betrachtet haben,

haben, so wenden wir uns noch zu einigen andern Augenfehlern, die nicht von der innern Structur und deren Veränderungen abhängen.

Zuerst ein paar Worte über das Schielen. Man kann sich diesen Fehler in der Jugend sehr leicht angewöhnen. Er besteht darin, daß die Augenachsen nicht nach dem Gegenstande gerichtet sind, den man sehen will, oder wenigstens nicht beyde.

Es giebt mehrere Abänderungen dieses übelaussehenden Fehlers. Einige Schielende drehen die Augen beyde auswärts in die Höhe, wenn sie Einen, der gerade vor ihnen steht, ansehen. Andere drehen beyde Augenachsen nach entgegengesetzten Seiten, entweder beyde nach der Nase hin, oder was noch häßlicher aussieht, aber auch seltener ist, beyde nach aussen. Andere richten das eine Auge nach dem Gegenstand, das andere aber drehet sich weit einwärts, so daß kaum etwas von der Iris zu sehen ist. Kleine Kinder schielen leicht, weil ihre Augenmuskeln noch nicht geübt sind, die Augen übereinstimmend zu regieren. Der Kurzsichtige kann leicht in eine Art von Schielen gerathen, wenn er entfernte Dinge sehen will, weil seine inneren Augenmuskeln durch anhaltendes Sehen auf nahes Papier sich unwillkührlich verkürzen, die äußeren hingegen nicht mehr stark genug sich zusammen ziehen können, um die Augenachsen parallel zu richten. Junge Personen können sich den Fehler noch wieder abgewöhnen, und sich

allenfalls durch zwey auf einen festen entfernten Punct gerichtete Röhren zu Hülfe kommen. Bey Erwachsenen ist das Abgewöhnen dieses Fehlers, so wie anderer immer schwer und oft unmöglich.

Uebersichtigkeit ist sehr oft mit Kurzsichtigkeit verbunden. Sie besteht darin, daß man, um einen Gegenstand deutlich zu sehen, den Kopf herunter und die Augen hinauf dreht. Dies scheint in der Lage der Augenmuskeln seinen Grund zu haben. Bey dem Blick aufwärts richten sich die Augenachsen leichter parallel, oder auf einen entfernten Punct; bey dem Blick niederwärts richten sie sich hingegen leichter convergirend auf einen nahen Punct. Man kann dies an Kurzsichtigen und Weitsichtigen bemerken. Wer kurzsichtig ist, wird oft bemerkt haben, daß es ihm schwerer wird, mit gerade gehaltenem Kopfe von einem Thurm oder etwa von einem hohen Chor in der Kirche herab den Blick auf die unten stehenden Menschen zu fixiren, als von unten hinauf nach der Thurmspitze zu sehen. Umgekehrt sehen alte weitsichtige Personen, wenn sie auf einen nahen Punct den Blick heften, z. B. beym Lesen, von oben herab.

Die wässerichte Feuchtigkeit, die den Raum zwischen Hornhaut und Crystallinse ausfüllt, verdunkelt sich zuweilen durch darin schwimmende fremde Theilchen, welche ihre Durchsichtigkeit hindern. Bey der Bewegung des Auges kommen diese undurchsichtigen Körperchen selbst in Bewe-

gung,

gung, und es scheinen große Flecken vor dem Auge herum zu fliegen, die theils rund, theils fadenförmig und geschlängelt sind, theils eine unbestimmte und veränderliche Gestalt haben. Die Franzosen nennen sie mouches volantes. Dieser Zufall verliert sich oft nach einiger Zeit von selbst und durch angemessene Diät.

Der graue Staar besteht in einer Verdunkelung der Crystallinse. Sie geschieht allmählig und bringt den Menschen langsam und täglich dem traurigen Ziele der völligen Blindheit näher. Die geschickte Hand des Augenarztes kann durch eine behutsame Operation das Unglück wenigstens sehr mindern, indem durch einen Einschnitt in die Hornhaut die unbrauchbare Linse aus ihrer Lage gedrückt oder ganz herausgezogen wird, wie schon erwähnt ist.

Der grüne Staar, eine seltener vorkommende Krankheit besteht in einer Verdunkelung der glasartigen Feuchtigkeit.

Der schwarze Staar ist eine noch schlimmere Art der Blindheit und durch keine chirurgische Operation zu heben, weil sie in dem Sehenerven und der Netzhaut ihren Sitz hat, welche den Eindruck des Lichts nicht mehr empfindet. Man hat außer andern Mitteln auch Electricität dagegen gebraucht, jedoch nicht mit entschiedenem guten Erfolge.

Das Unglück des völligen Verlustes oder auch nur einer sehr verminderten Brauchbarkeit

des köstlichen und zarten Organs des Gesichts ist in der That so groß, daß man sich von Jugend auf die Erhaltung desselben zur angelegentlichsten Sorge machen sollte. Wir wollen einige Regeln dazu hier zusammenstellen.

32.
Sorge für die Augen.

Nichts ist wichtiger zur Erhaltung des Gesichtsorgans, als gehöriges Licht, und nichts verderblicher, als in der Dämmerung lesen, schreiben oder zeichnen. Ich habe einen jungen Menschen gekannt, der sogar die Tollheit begieng, im Mondenscheine das griechische neue Testament zu lesen. Gleichförmiges, nicht grelles, aber auch nicht schwaches Licht ist das erste, worauf man bey Stellung seines Schreibtisches oder Lesestuhls sehen muß, besonders wenn man einen großen Theil des Tages daran gefesselt ist. Dämmerung ist gut für die Augen, wenn sie ruhen, aber nicht, wenn sie sich auf einen Gegenstand anstrengen.

Nicht minder schädlich ist zweyerley Licht. Flammenlicht und Tageslicht macht eine Mischung, die ich eine Art von Gift für das Auge nennen möchte. Muß man Abends frühzeitig, ehe es noch ganz finster ist, Licht anzünden, so mache man die Fensterladen zu, und arbeite des Morgens nicht,

nicht, wenn der Tag in die Fenster scheint, bey der Lampe.

Sonnenlicht aufs Papier fallen zu lassen, ist auch eben so verderblich, als Dämmerung. Wir Lesemenschen, die wir so viel auf weißes Papier sehen müssen, sind beynahe in dem Falle der Esquimaux und Lappländer, welche immer auf den Schnee sehen. Diese machen sich Röhren mit engen Oeffnungen vor die Augen, um nicht zu erblinden. Wir müssen ähnliche Vorsichtsmaaßregeln treffen.

Schnelle Abwechselung von Licht und Finsterniß ist den Augen eben so schädlich, als die von Hitze und Kälte dem ganzen Körper. Ein Auge, was aus völliger und lang anhaltender Dunkelheit plötzlich in volles Sonnenlicht versetzt würde, wäre gerade in dem Falle, wie ein erfrornes Glied, was gleich an den warmen Ofen gehalten wird. Die Natur hat durch den allmähligen Uebergang von Tag durch Abendämmerung zur Nacht und umgekehrt, für gehörige Abstufung des Lichts gesorgt. Wer bis an den hellen Tag schläft, — doch die dies thun, wissen auch durch Laden und Vorhänge für eine künstliche Dämmerung am hellen Tage zu sorgen.

So ist es auch schädlich, abstechendes Licht und Schatten um sich zu haben, weil die Netzhaut an einer kleinen Stelle zu stark erschüttert wird. Es taugt daher nicht, wenn in einem verfinsterten Zimmer Sonnen = oder Tageslicht durch Löcher oder Ritzen des Fensterladens scheint.

Reflec=

Reflectirtes Licht taugt ebenfalls nicht. Zimmer, (wie sie zumal in großen Städten nicht selten sind, wo die Häuser dicht an und auf einander stehen) die nur von einer nahe gegenüber liegenden geweißten Wand ihr Licht bekommen, sind wenigstens äußerst untauglich zu Schreibstuben, wozu sie gleichwohl oft zum Schaden der Sehenden dienen müssen. Liegt die Wand vollends so, daß zu gewissen Tageszeiten die Sonne darauf scheint, so ist's desto schlimmer. Man sollte wirklich in den Städten die Häuser nicht ganz weiß oder gelb abputzen lassen. Die einander gegenüber wohnenden Nachbarn in einer von Süden nach Norden streichenden Straße, wie z. B. unsere schöne Cavalierstraße, fallen sich durch ihren Glanz wechselsweise beschwerlich. Vormittags blende ich meinen Mann vis a vis durch reflectirtes Sonnenlicht, und Nachmittags vergilt er mir Gleiches mit Gleichem, wenn nicht wohlthätige Wolken es hindern.

Das reflectirte und abstechende Licht führt mich auf die

33.

Lichtschirme.

Man kann sie in zwey Gattungen theilen, solche, welche bloß das Auge gegen den Glanz der Lichtflamme

flamme schützen, und solche, welche durch Zurückwerfung die Helligkeit auf dem Papier verstärken sollen.

Gegen die ersteren habe ich nichts einzuwenden, aber desto mehr gegen die letzteren. Doch möchten auch die ersteren, wenn sie zu dunkel sind, in soferne dem Auge nicht vortheilhaft seyn, weil man, wenn man etwa aufsteht und im Zimmer hin und her geht, abwechselnd durch den tiefen Schatten eines solchen Schirmes kömmt. Ich bediene mich eines bloßen kreisrunden Stücks doppelten grünen Papiers auf einem Draht gesteckt, so daß es die Flamme dem Auge verdeckt. Dies giebt einen angenehmen grünen Schatten, ohne zu abstechend zu verdunkeln. Man kann es auch bleu, doch macht dies schon zu durchsichtig und glänzend. Der Schirm braucht nur etwa drey Zoll im Durchmesser zu haben. Man kann auch die ganze Lichtflamme mit einem abgekürzt kegelförmigen Schirme von eben solchem doppelten grünen Papier machen, und diese sind den Augen weit zuträglicher, als diejenigen, welche man gewöhnlich bey den sogenannten Studirlampen hat, die von eben der genannten Form, aber von Blech und inwendig weiß oder bläulich angestrichen sind. Diese gehören zu der zweyten Gattung. Jene aber von grünem Papier (wovon das innere geölt werden kann, um die Weiße der innern Fläche und die davon bewirkte Reflexion zu vermeiden) gehören nur zur ersten Gattung, weil sie nicht reflectiren,

ren, sondern bloß das Auge gegen den Glanz der Flamme schützen.

Da vielleicht Einige meiner jungen Leser Lust bekommen möchten, sich einen solchen Schirm von Papier auszuschneiden, so will ich ihnen hier gelegentlich ein Muster und eine Anweisung dazu geben (Fig. 37, 38.), um so mehr, da es eine mathematische Aufgabe ist; denn es ist nichts anders, als das Netz zu eines abgestumpften Kegels Seitenfläche zu zeichnen.

Es sey also ABDE Fig. 37 der perspectivisch gezeichnete Schirm, den man über eine Lampe decken will. Zuerst ist es nun eine ziemlich willkührliche Bestimmung, wie hoch man die Seitenfläche AD haben will, und wie stark sie sich gegen die Grundfläche des Kegels neigen soll. Ich will leichtester Zeichnung wegen annehmen, man mache den unteren Durchmesser = 6 Zoll, die Seite AD = 3 Zoll, und der Winkel BAD sey = 60 Grad, so ist klar, daß, wenn man den Durchschnitt des ganzen Kegels ABC zeichnet, dieser ein gleichseitiges Dreyeck geben müße, und daß, wenn man die Achse des Kegels CG ziehet, diese BG = $\frac{1}{2}$ AB macht. Um nun das Netz zu diesem Schirme zu zeichnen, überlege man, daß alle Puncte im untern Umkreise, wie A und B von der Spitze des Kegels C gleichweit entfernt seyn müssen, daß also die krumme Seitenfläche des Kegels in eine ebene Figur abgewinkelt werden könne, welche ein Ausschnitt eines Kreises seyn muß, so nemlich,

daß

daß der ganze untere Umfang des Kegels der Bogen dieses ebenen Kreisausschnitts, und die Seite des Kegels CA der Halbmesser ist. Die Frage ist nun, wie groß muß man (ohne durch Versuche indirecte es zu finden) den Winkel dieses Ausschnitts nehmen, damit die Fläche, wenn sie gekrümmt wird, so daß die beyden begränzenden Halbmesser zusammenstoßen, die verlangte Kegelfläche gebe. Das ließe sich so überlegen.

Der Bogen des Ausschnitts ABA Fig. 38 soll die ganze untere Peripherie des Schirms machen.

Der Halbmesser des Ausschnitts ist die Seite des Kegels CA, der Halbmesser der Grundfläche des Kegels = GA.

Der ganze Umfang des mit CA beschriebenen Kreises verhält sich also zum ganzen untern Umfang des Kegels, oder welches einerley ist, zur Länge des Bogens des Ausschnitts, wie CA zu GA; also auch die Grade des ganzen mit CA beschriebenen Kreises zu der Anzahl Grade des Bogens oder des Winkels am Mittelpuncte wie CA zu GA. Man setze also nach der Regel de tri,

$$CA : GA := 360° : x$$

In unserm angenommenen Beispiele war nun CA gerade zweymal so groß als GA, da nemlich der senkrechte Durchschnitt des Kegels ein gleichseitiges Dreyeck, oder der Winkel der Seite mit der Grundfläche 60° seyn soll; und CA = AB war 6 Zolle. Also

$$6 : 3 = 360 : 180.$$

Das heißt, man zeichne bloß einen Halbkreis mit

einem

einem Halbmesser von 6 Zollen und damit concentrisch einen kleineren mit einem Halbmesser von 3 Zoll, schneide das Hufeisenförmige Stück BAB EDE aus starkem doppelten grüngefärbten Papier aus, so ist das Netz gemacht, welches man nun bloß zusammen zu krümmen, und die Seiten BE und BE zusammenzukleben braucht.

Wie sich der Schirm etwa durch eine kleine Vorrichtung von Draht an die Lampe am bequemsten befestigen lasse, wird jeder selbst leicht finden. Man kann zu mehrerer Festigkeit den unteren Umfang mit einem nach gleichem Halbmesser gekrümmten Draht unterstützen.

Ein solcher Schirm hat Vorzüge vor den ähnlichen blechernen, erstlich, weil er nicht reflectirt; zweytens, weil man ihn dicker oder dünner, undurchsichtiger oder halbdurchsichtig machen kann, je nachdem man das Papier einfach, doppelt oder dreyfach nimmt (man kann mit einem Schnitt drey und mehrere solche Netze ausschneiden); drittens, weil er ein angenehmeres grünes Halbdunkel und nicht den tiefen schwarzen Schatten macht; viertens, weil Jeder ihn selbst machen kann, und fünftens, weil er nicht sechs Pfennige kostet, — der Uebung in der stereometrischen Zeichnung für meine jungen Leser nicht einmal zu gedenken. Wenn man mehrere sich deckende Schirme dieser Art macht, so kann man etwa nur einen einfachen eigentlich an die Lampe befestigen, und dann noch einen oder zwey, nach Belieben, darüber herdek-

ken,

ken, je nach dem man es heller oder dunkler im Zimmer haben will.

Den gewöhnlichen reflectirenden Blechschirmen, als der zweyten Gattung, habe ich schon oben das Urtheil gesprochen, daß sie den Augen nicht zuträglich sind. Ich weiß, daß sich Manche derselben bedienen, ohne über Beschwerde zu klagen. Jeder muß freylich wissen, was ihm frommt. Meinen Augen thut reflectirtes Licht nicht wohl.

Bey der Argandschen Lampe ist es wegen des sehr lebhaften Glanzes der Flamme vorzüglich nöthig, diese zu bedecken. Ich bediene mich dazu statt aller Schirme oft bloß eines Streifens von grünem Papier oder Taft, allenfalls doppelt gelegt und etwa 2 Zoll breit, welchen ich um den Glascylinder wickele. Daß der oben beschriebene abgekürzt kegelförmige Schirm von grünem Papier ebenfalls bey der Argandschen Lampe angebracht werden kann, brauche ich nicht erst zu sagen.

34.

Noch Einiges über die Sorge für die Augen.

Da wir in unserer geographischen Breite einen grossen Theil des Jahres Abends und Morgens nicht anders, als bey Flammenlicht sehen und arbeiten,

ten, so ist es wichtig für unsere Augen, für gute, stetig, helle brennende Flamme zu sorgen.

Talglichter, wenn sie dünne Dochte haben, brennen zu schwach, wenn sie dicke Dochte haben, so flackern sie, und eine flackernde Flamme ist den Augen sehr schädlich. Es ist ein unaufhörliches schnelles Abwechseln von schwächerem und stärkerem Lichte, wobey das Auge ungemein angegriffen und ermüdet wird. Dicke zusammengedrehte Dochte laßen der Luft zu wenig Zugang, es gehen eine Menge unvollkommen verbrannter Theile mit in die Höhe. Wachslichter sind etwas besser, doch wird man bey einem einzigen Wachslichte von gewöhnlicher Art auch nicht hinlängliches Licht haben. Zwey oder mehrere Talg- oder Wachslichter nahe bey einander gestellt geben freylich eine bessere, aber auch kostbarere Erleuchtung.

Lampen sind im Ganzen genommen den Kerzen vorzuziehen, wenn sie nemlich gut eingerichtet, mit guten Dochten und mit reinem Baumöl versehen werden. Außer der Reinheit des Brennmaterials ist der hinlängliche Zugang der Luft zur gehörigen Zersetzung desselben der wichtigste Umstand. Dieser wird durch breite, bandförmige oder hohlcylindrische Dochte befördert. Die Argandsche Lampe hat die letztere Art, die Flamme brennt ruhig und weißglänzend in einem Glascylinder, das Oel wird völlig verbrannt, es entsteht kein Rauch, man kann über den Glascylinder Gefäße mit Flüssigkeiten stellen, die man will ab-

dampfen

dampfen lassen, sie hat einen geräumigen Oelbehälter, der, wenn er einmal gefüllt ist, einige Morgen und Abende hindurch ausreicht — also viele Vorzüge. Die jetzt sehr beliebten, vorzüglich zu Nordhausen verfertigten mit bandförmigen Dochten geben eine ruhige pyramidenförmige Flamme, und sind sehr bequem. Vielleicht wäre ein umgekehrter größerer Oelbehälter und ein Cylinder oder sonstiges Behältniß von Glas für die Flamme noch dabey anzubringen.

Nun noch ein paar Regeln zum Schluß.

Man lese nicht zu lange hintereinander.

Man sehe während des Lesens zuweilen auf einen entfernten Punct, auf eine Thurmspitze u. dgl.

Man lese nicht liegend, besonders nicht auf dem Rücken liegend, die Augen haben dabey, wie die Erfahrung Jeden leicht lehren wird, keine bequeme Lage zum Sehen auf nahe Gegenstände.

Man laße das Licht nicht auf die Augenlieder fallen, sondern stelle den Tisch so, daß das Fenster zur Seite, am besten, wegen des Schattens der Wand beim Schreiben, zur linken Seite ist; doch ist es auch hier gut abzuwechseln, so daß das Fenster zur Rechten ist.

Man entferne, wenn man kurzsichtig ist, das Papier immer so weit wie möglich vom Auge. Man mache es sich zum Beyspiel zur Regel, wenigstens beym Schreiben den Kopf nicht näher, als bis auf eine Spanne zum Papier herunter zu beugen.

Man hüte sich vor kleinem Druck, wie z. B. die kleinen Sedezausgaben der lateinischen Classiker, oder auch die Almanachs; desgleichen vor grauem Druck auf schlechtem Papier. —

Die scharfen Didotschen Lettern besonders im Kleinen, so niedlich sie auch sind, scheinen doch dem Auge nicht wohl zu thun. Ich wenigstens, obgleich ich die größere Eleganz der lateinischen Lettern anerkenne, lese doch mit minderer Ermüdung der Augen in einem mit guten etwas länglichen deutschen Lettern und guter Schwärze gedruckten Buche.

Zum Schreiben bediene man sich lieber einer weißbläulichen Papiersorte, als einer weißgelblichen. Das holländische feine Papier hat diese schwache Tinctur von blau, und ist daher für die Augen beßer, wie ich aus eigner Erfahrung weiß, als unser gemeines. Zu blau darf es aber auch nicht seyn, sonst hat man zu wenig Licht, und die Farbe der Tinte unterscheidet sich nicht genug von der Farbe des Papiers.

Man versäume nicht, alle Morgen, allenfalls auch am Tage ein oder ein paarmal die Augen mit kaltem Wasser auszuwaschen, oder sie ein paar Minuten in einem Augenbaader zu halten.

Man mache täglich wo möglich einen Gang ins freye Feld, und übe den Blick auf ferne Gegenstände. Das sanfte Blau des Himmels, das schöne Grün der Wiesen, das milde Helldunkel des Waldes ist eine wahre Wohlthat, eine stärkende

kende Arzney für das Auge des Troglodyten, welches von Buchstaben und Zahlen auf weißem Papier und schwarzen Tafeln gelähmt ist.

Des Morgens unmittelbar, nachdem man aus dem Bette aufgestanden ist, sich zum Lesen oder Schreiben hinsetzen, ist schädlich; man verrichte lieber erst andere minder für die Augen anstrengende Geschäfte.

Endlich einen Rath — den ich wünschte, daß ihn alle meine jungen Leser in einem feinen guten Herzen bewahren möchten, — man fliehe jede Ausschweifung, als Gift für Seele und Körper und besonders auch für die Augen.

Und nun genug von den Augen. Wir kommen zu den übrigen künstlichen optischen Werkzeugen. Die Camera obscura und die Augengläser haben wir schon erklärt; zunächst also etwas von der

---

35.

Zauberlaterne (Laterna magica).

Dieses Werkzeug besteht aus einem Behältniß von Blech in Form einer Laterne, mit einem Rohr an der vörderen Seite, worin ein, oder wie gewöhnlich zwey convexe Gläser sind. Hinter dem inneren Glase steht ein auf Glas mit durchsichtigen

Far=

Farben gemaltes Object, etwa von der Höhe, wie der Durchmesser der Convergläser, etwa 2 Zoll, und hinter diesem Glasgemälde eine Lampe, welche es erleuchtet, sowohl durch die gerade unmittelbar auffallenden, als auch durch reflectirte Strahlen von einem hinter der Flamme stehenden Hohlspiegel. Die 39. Fig. stellt die ganze Vorrichtung im senkrechten Durchschnitt durch die Mitte deutlich dar.

Wenn wir uns zuerst bloß das Converglas G und ein etwas außerhalb dessen Focus in der Gegend von C befindliches Object vorstellen, so würde dieses unter gehöriger Beleuchtung ein umgekehrtes Bild in H geben. In der That ist also das einzige Glas in H schon wesentlich hinreichend. Indessen pflegt man noch ein convexes Glas F hinter demselben anzubringen. Dies hat den Nutzen, daß man nun das Object nicht in C, sondern in E nahe am Glase F setzen kann, da das Glas F die Strahlen vom Object E so bricht und auf das Glas G bringt, als ob sie aus C herkämen; wodurch denn das Rohr, welches sonst bis C hätte reichen müßen, beträchtlich abgekürzt wird. In großen Laternen pflegt auch wohl noch eine dritte Linse hinter dem Objecte E in D gesetzt zu werden, um die Erleuchtung noch zu verstärken. — Da das Instrument mit Lampenflamme erleuchtet wird, so muß man suchen, die Beleuchtung so sehr als möglich zu verstärken; denn wenn die Bilder in H von beträchtlicher Größe erscheinen sollen, so

wird

wird das Licht, was durch die Gläser fällt, auf einen großen Kreis verbreitet, folglich sehr geschwächt. Indessen kann man durch einen Hohlspiegel in A in der Rückwand der Laterne schon eine ziemliche Verstärkung der Erleuchtung zu Wege bringen. Die Lampe steht im Focus dieses Hohlspiegels, so daß die auf denselben fallenden Strahlen parallel auf das Object fallen.

Da das Bild in H umgekehrt auf einem weissen Papier, oder auf einer Wand erscheint, so muß man, um die Bilder an der Wand aufrecht zu haben, die auf Glas gemalten Objecte selbst umkehren. Am gewöhnlichsten ist es, mehrere Objecte auf einen rechteckigen Streifen Glas zu malen. Diese Glasstreifen werden in einen dünnen hölzernen Rahm eingesetzt und in einen bey E befindlichen Falz eingeschoben.

Die kleinen Laternen haben etwa eine Länge von 6 Zoll, und mit dem Rohre etwa 9 Zoll. Die Gläser ungefähr eine Sehne von 1½ Zoll. Die Bilder sind elend und oft so gar unanständig, was um so tadelnswerther ist, da sie gerade zur Belustigung für Kinder bestimmt sind. Will man das Vergnügen schöner, gut beleuchteter und gut gezeichneter Bilder haben, so gehört dazu freylich eine größere Laterne, und man muß sich die Objecte auf die Glasschieber selbst machen, oder nach besonderer Angabe machen lassen. Will man sie selbst malen, so nehme man zu den Farben Terpentin in Weingeist aufgelöst.

Die Bilder nehmen sich besser aus, wenn der Grund dunkel ist; man kann daher eine Figur zum Beispiel eines Menschen mit durchsichtigen Farben malen, und den übrigen Raum des Glases mit undurchsichtiger Farbe bedecken. Die Verfertigung dieser Bilder erfordert übrigens weiter keine sonderliche Kunst, und wer ein wenig zeichnen kann und mit Wasserfarben umzugehen weiß, der wird sie auf jeden Fall besser machen, als sie gewöhnlich zu Kauf sind. Anstatt der läppischen Figuren von Zwergen, Harlequins u. dgl. kann man gut proportionirte menschliche Figuren, kleine Landschaften u. dgl. machen, die sich weit schöner ausnehmen.

Ein Kunstgriff, der das Angenehme des Schauspiels erhöhet, ist, die Bilder beweglich zu machen. So kann man zum Beyspiel eine Windmühle machen, deren Flügel sich drehen, Menschen, welche Arme und Beine bewegen u. dgl. Man bewerkstelligt dieses dadurch, daß man die beweglichen Theile auf eine besondere Glasscheibe malt, die gehörig hinter die andere, welche die übrige Figur enthält, gesetzt und bewegt wird. Um eine drehende Windmühle vorzustellen, werden die Flügel auf eine besondere kleine runde Scheibe gemalt, über deren Fassung eine Schnur ohne Ende gelegt ist, welche zur Seite über eine kleine Welle geht und so vermittelst einer kleinen Kurbel herumgedreht wird.

Je weiter das Bild H Fig. 39 von dem Glase

G absteht, desto größer wird es, aber auch desto weniger helle; je näher, desto kleiner und heller. Die Deutlichkeit kann in der größeren und kleineren Entfernung durch Verschieben des Glases G erhalten werden. Dieses Glas ist nemlich in einem Rohre, welches in dem, worin das andere Glas F enthalten ist, hineingeschoben wird. Je mehr das Glas G dem Glase F genähert wird, desto weiter entfernt sich das deutliche Bild H. Beyde Gläser F und G können übrigens auch in einem einzigen Rohre eingesetzt seyn, so daß ihre Entfernung unveränderlich ist; in diesem Falle wird das ganze Rohr dem Gemälde E genähert, um das Bild weiter entfernt und größer zu machen.

Die Zauberlaterne ist, wie schon ihre Benennung zu erkennen giebt, ein Hauptstück des Apparats zu den Spielereyen der natürlichen Magie, die den Unwissenden und Abergläubischen in Schrekken und Erstaunen setzen, den Unterrichteten aber angenehm unterhalten.

Wenn man eine Zauberlaterne dazu anwenden will, sogenannte Geistererscheinungen hervorzubringen, so muß man, um die Täuschung zu befördern, einige andere Vorrichtungen damit verbinden. Vorzüglich dient dazu, das Bild, welches erscheinen soll, auf Rauch fallen zu lassen. Meine jungen Leser, welche dies etwa nachmachen wollten, würden es aber vermuthlich lange umsonst versuchen, und die Stube oft voll Rauch machen, ohne ein Bild zu sehen. Ich will daher eine kleine An-

leitung dazu geben, eine Rauchsäule, oder eine Wand von Rauch hervorzubringen, auf die sich ein Bild projiciren läßt.

In einem Kasten, welcher, sofern es auf Täuschung abgesehen ist, höher als das Auge des Zuschauers seyn muß, und dem man, wenn man will, die Form eines Altars geben kann, um den Spaß feyerlicher zu machen. In einem solchen Kasten also wird oben in der Decke eine Spalte gemacht, welche etwa zwey Fuß oder auch darüber lang seyn kann. Der Altar hat inwendig ein Behältniß, welches unten weit ist, so daß eine lange und schmale eigens dazu gemachte Kohlenpfanne darin Platz hat; die Wände aber gehen schräg aufwärts und endigen sich in der erwähnten Spalte der Decke. Wenn man auf die Kohlen ein paar Loth Pech in Stücken von der Größe einer Haselnuß wirft, so steigt ein dicker Dampf auf, und dringt durch die Spalte in die Höhe. Durch die Figur der Wände des Kohlenbehältnisses wird dieser Dampf zusammengehalten, daß er sich nicht sogleich zerstreut, sondern gleichsam eine Wand bildet. Um die Zauberlaterne dem Zuschauer zu verstecken, wird diese etwa auf einen Tisch hinter dem Altar gestellt, so daß die Strahlen auf einen schief gestellten Planspiegel fallen, und von da nach der Rauchwand zurück geworfen werden. Wenn es das Lokal erlaubet, so kann der Altar an der Wand des Zimmers und die Laterne im Nebenzimmer stehen, wenn nur in der Scheidewand

wand zwischen beyden Zimmern eine hinlängliche Oeffnung gemacht ist, um die Strahlen, welche das Bild machen sollen, durchzulassen, welches, falls die Wand nur bretern ist, keine Schwierigkeit macht. Sonst kann auch die Gegend hinter dem Altar durch einen Vorhang verdeckt werden. Der schräg gestellte Spiegel ist auch eben nicht durchaus nothwendig; man kann die Laterne mit dem Rohre schräg aufwärts gegen den Rauch gekehrt aufstellen. Immer aber muß man verhüten, daß nicht das Bild durch den Rauch auf eine gegenüberliegende Wand falle, oder wenigstens muß der Zuschauer so gestellt seyn, daß er es nicht bemerken kann.

Der Vorzug, den diese Darstellung der Bilder auf einer Rauchsäule in Ansehung der Täuschung vor den Bildern auf einer festen Wand hat, besteht darin, daß das Bild hier in freyer Luft schwebend erscheint, daß es mehr ein körperliches Ansehen hat, weil der Rauch einigen Raum in der Dicke einnimmt, und daß das Wirbeln des Rauchs dem erscheinenden Geiste einige Bewegung giebt. — Es versteht sich, daß übrigens im Zimmer, wo sich die Zuschauer befinden, alle dunkel seyn, auch das Glas, worauf die Figur gemalt ist, außer den Gränzen derselben einen undurchsichtigen schwarzen Grund haben müsse.

Die Laterna magica ist ohne Zweifel eine Erfindung des Jesuiten Athanasius Kircher, der 1602 im Fuldaischen geboren wurde, und

1680 zu Rom starb. In seiner Ars magna lucis et umbrae hatte er zuerst die Idee, vermittelst eines Hohlspiegels, auf welchem Figuren gemalt wären, auf eine Wand Bilder zu machen. In der Folge aber beschrieb und zeichnete er die eigentliche Laterna magica mit Glasschiebern, so wie wir sie noch jetzt gebrauchen. Ozanam schreibt die Erfindung mit Unrecht dem Roger Baco zu. Auch Schwenter kennt sie noch nicht. Die Laterne, die er abbildet, ist bloß eine mit einem Hohlspiegel ohne Converglas und Bilder.

Seit der Erfindung sind wenige Veränderungen daran gemacht, und das Werkzeug ist lange bloß als eine optische Spielerey betrachtet worden, womit die Savoyarden in Begleitung ihrer Murmelthiere in der Welt herumzogen, und Kindern eine Weihnachtsfreude gemacht werden kann. In der That, so lange bloß auf Glas gemalte Figuren abgebildet werden, ist es auch nicht mehr, als eine optische Belustigung ohne höhern Zweck. Aber eben so gut, wie man diese auf die Glasschieber bringt, kann man ja auch natürliche Körper, welche klein, dünn und nicht zu undurchsichtig sind, auf die Glasschieber bringen und vergrößert auf der Wand sich abbilden lassen. So kann das Instrument veredelt werden und statt zum Anschauen oft elender Figuren, nun zur Betrachtung und Bewunderung der Gegenstände der Natur dienen. Man sollte meinen, es sey nur ein Schritt von der Bilderlaterne zum Mikroskop, oder viel=

vielmehr, es hätte sogleich dem Erfinder selbst in die Augen springen müßen, daß die Laterne wirklich nichts anders, als ein Mikroskop sey, dennoch (wie es mit menschlichen Erfindungen zu gehen pflegt) wurde sie erst späterhin dazu eingerichtet. Als Mikroskop betrachtet, verlangt man stärkere Vergrößerung und folglich ist auch stärkeres Licht nöthig.

36.

Sonnenmikroskop.

Um stärke Vergrößerung zu erhalten, bedarf es nur einer Linse von kürzerer Brennweite. Um aber das dazu nöthige stärkere Licht zu haben, nimmt man das Sonnenlicht in einem übrigens finsteren Zimmer, so hat man das herrliche Werkzeug, welches jetzt unter dem Namen Sonnenmikroskop in den Händen jedes Liebhabers der Naturkunde ist. Die Einrichtung ist folgende (Fig. 41.).

In die Oeffnung des Fensterladens eines verfinsterten Zimmers wird ein Rohr mit einer Convexlinse eingesetzt, welche zur Concentrirung des Sonnenlichts dient. Die Sonnenstrahlen werden durch einen schräg vor dem Glase befindlichen Planspiegel auf letzteres reflectirt. Da die Sonne beständig nach der täglichen

Bewe-

Bewegung von Morgen gegen Abend fortrückt, so muß der Spiegel dieser Bewegung gemäß gewendet werden können.

In jenes erstere Rohr, welches das Erleuchtungsglas enthält, steckt einwärts im Zimmer ein anderes kleineres mit einer kleinen mikroskopischen Linse C und einer gehörigen Oeffnung zur Seite, um kleine Schieber mit den Objecten etwas außer der Brennweite der Linse C einzuschieben.

Das umgekehrte Bild des Objects zeigt sich sodann sehr vergrößert in B auf einem dort aufgestellten Reißbrete oder Papierrahmen. Wegen des starken zusammengehaltenen Sonnenlichts ist es hinlänglich erleuchtet, und die Deutlichkeit hängt von gehöriger Entfernung des Objects und des Papiers vor und hinter der Vergrößerungslinse ab. Je weiter das Object vom Glase weggerückt wird, desto näher an das Glas fällt das deutliche Bild, und umgekehrt.

Die Gegenstände, welche man durch dieses treffliche Instrument vergrößern will, müßen nicht zu undurchsichtig seyn. Die meisten natürlichen Körper von solcher Kleinheit sind auch wirklich dünn und durchsichtig genug dazu, z. B. die Körper der meisten kleinen Insecten, Milben, Essigälchen, Infusionsthierchen u. s. w., selbst Flöhe und Wanzen ungeachtet ihrer braunen Farbe, so auch zarte Theile von Pflanzenkörpern, u. dgl.

Die Belustigung — doch nein! so wollen wir es nicht nennen — das edle Vergnügen, was der Beobachter sich mit dem Sonnenmikroskop verschaffen

schaffen kann, ist es werth, daß dieses Instrument so allgemein bekannt und beliebt, besonders in neuern Zeiten geworden ist. Da man das Bild nach Belieben weiter oder näher kann hinfallen lassen, so kann die Vergrößerung ins Ungeheure getrieben werden. Ein Floh kann so groß wie ein Bullenbeißer, ein Essigälchen wie eine Schlange erscheinen; die Blutkügelchen in den Adern eines Frosches kann man wie Hirsekörner in der Lymphe herumschwimmen sehen. Es findet hier keine Gränze Statt, außer welche Licht und Deutlichkeit gebieten. Hierin hat das Sonnenmikroskop Vorzüge vor den andern einfachen und zusammengesetzten Vergrößerungswerkzeugen. Auch das ist ein Vorzug, daß man Gegenstände sehr bequem und genau dadurch abzeichnen kann (denn man copirt hier die Natur unmittelbar so wie bey der Camera obscura) und daß es die Augen nicht angreift, weil man mit beyden Augen zugleich und in gewöhnlicher Entfernung das Bild anschauet. Wenn die Vergrößerung nicht sehr weit getrieben werden soll, so kann das Sonnenmikroskop in den Kasten einer tragbaren Camera obscura gesteckt werden; das Bild entwirft sich sehr niedlich auf dem mattgeschliffenen Glase, oder auf dem Papiere, und ist bequem abzuzeichnen.

Ungeachtet dieser Vorzüge möchte man doch aber im Allgemeinen dem Sonnenmikroskop wohl nicht den Rang über das einfache und zusammengesetzte geben. Was man sieht, ist doch immer

nur

nur Bild auf einer Ebne entworfen, wie eine gut gezeichnete und illuminirte Abbildung, es giebt nicht so gut die Vorstellung eines auch in die Dicke ausgedehnten Körpers, als ein durch ein gewöhnliches Mikroskop angesehenes Object. Hier unterscheidet man deutlicher Theile, welche hinter einander und in Seitenflächen liegen, man sieht die Krümmungen dieser Flächen besser, der Gegenstand erscheint mit einem Worte körperlicher palpabler. Dieser Unterschied zwischen dem ebnen durch Reflexion ins Auge gebrachten Bilde und zwischen dem unmittelbar gesehenen ist nicht zu heben. Eine Kugel sey noch so gut gemalt und noch so richtig schattirt — in der Entfernung kann sie wohl täuschen, aber in der Nähe wird immer die wirkliche Kugel vollkommener seyn. Das im Fernrohr gesehene Bild des Mondes stellt sich dem Auge gleichsam handgreiflicher dar, als wenn man es durch dasselbe Fernrohr auf ein weißes Papier fallen läßt.

Wir erwähnten oben, daß das Sonnenmikroskop erst ziemlich lange nach der Zauberlaterne erfunden sey, obgleich beyde wesentlich einerley sind. Für den Ersten, welcher das Sonnenmikroskop als solches angegeben und angewandt haben soll, wird Balthasaris gehalten, welcher um das Jahr 1710 in Erlangen lebte. Vermuthlich war das erste eine Zauberlaterne, welche statt der Lampe mit Sonnenlicht erleuchtet wurde. Wolf bemerkt ebenfalls schon so wohl in seinen

be-

bekannten nützlichen Versuchen, als auch in seinen lateinischen Elementen der Mathematik, daß man eine Laterna magica als Mikroskop gebrauchen könne. Hier ist die Stelle:

Quodsi animalcula quaedam eo artificio includas, quod supra in microscopiorum doctrina exposuimus, vel etiam objecta alia transparentia selenitidis folio agglutinata in imaginum loca substituas, laterna magica microscopii vicem praestabit. Denique si eundem tubum cum suis vitris convexis et imaginibus ad foramen camerae obscurae applices, in ea quoque repraesentationes ad lumen solare fieri poterunt.

Wolf. Elem. Dioptr. §. 458, 459.

Dem Wesentlichen nach kann man also die Erfindung des Sonnenmikroskops vom Anfange des vorigen Jahrhunderts datiren. In der Form indeß, wie wir es jetzt gewöhnlich brauchen, nemlich als ein mit Erleuchtungsglas und Spiegel verbundenes Wilsonsches Mikroskop (wovon nachher), in dieser Form ist es zuerst von dem Doctor Lieberkühn seit dem Jahre 1738 gebraucht worden. Dieser machte es in England bekannt, und von englischen Künstlern, besonders von Cuff, wurde es dann, wie alle englische Instrumente, schön und vollkommen verfertigt. — Aber auch theuer, wie sich von selbst versteht. — Man kann sich wirklich ein solches Instrument aus einem mikro-

kroskopischen Linsenglase, einem andern Converglase von größerer Brennweite und einem Taschenspiegel (alles gemeine Dinge, die leicht und um eine Kleinigkeit zu haben sind) recht gut und brauchbar selbst verfertigen, ohne daß man nöthig hätte, 50 und mehrere Thaler daran zu wenden. Neuerlich hat der Feldprediger Junker in Magdeburg den Liebhabern einen Dienst erwiesen, indem er diese Mikroskope zu einem mäßigen Preise von 5 bis 10 Thalern verfertigen läßt. Was man sich selbst macht, gewährt einem doppeltes Vergnügen, und man hat überdieß durch das Selbstversuchen und Handanlegen noch den Vortheil, sich Geschicklichkeit zu erwerben. Ich muntere daher meine jungen Leser auf, es selbst zu versuchen. Glasblasen, Glasschleifen, Drechseln, Papparbeiten und ein wenig Tischlern — wer irgend Gelegenheit dazu hat, und sich, es sey nun aus Liebhaberey oder ex professo, wie man zu sagen pflegt, mit Physik abgeben will, der versäume es doch ja in der Jugend nicht zu lernen. Man kann sich manche Ausgabe dadurch ersparen — das ist das Wenigste; man kann sich dadurch das große Vergnügen verschaffen, welches immer mit einer zu Stande gebrachten Arbeit verbunden ist. Man kann sich manche Stunde der Muße damit nützlich ausfüllen, und endlich, man kann Ideen selbst ausführen, die man durch Beschreibung und selbst durch Zeichnung dem mechanischen Künstler nicht verständlich genug machen kann. Wer an einem

Orte

Orte lebt, wo nicht eigentliche Mechaniker wohnen, wird es oft mit Mißvergnügen und Kostenaufwand erfahren, wie schwer es hält, manches, was nicht nach dem gewöhnlichen Leisten ist, nach seinem Sinne gemacht zu erhalten.

Wir kehren noch einen Augenblick zu dem Sonnenmikroskop zurück.

Sonnenlicht ist unstreitig wegen seiner Lebhaftigkeit und Stärke zur Erleuchtung der Objecte am besten; aber es sind zwey Unbequemlichkeiten dabey nicht zu vermeiden, erstlich: man kann es nicht immer haben, wenn man es gerade braucht, nur an heitern Tagen ist das Werkzeug aufzustellen, eine Wolke, ein trüber Himmel macht es unbrauchbar, und zweytens: da die Sonne immer fortrückt, so muß der außen am Fenster befindliche Spiegel von Zeit zu Zeit gedrehet werden, und dies macht um so mehr einige Schwierigkeit, da er außer dem Zimmer ist und man ihn nicht sehen kann. Es lassen sich Vorrichtungen anbringen, ihm die dem Stande der Sonne gemäße Bewegung zu geben, durch Räderwerk und Schrauben; aber dergleichen künstliche Einrichtungen vertheuern das Instrument sehr. Könnte man eine an einem Orte feststehende Flamme von hinlänglichem Glanze statt des Sonnenlichts gebrauchen, so hätte man also zwey Bequemlichkeiten mehr. Sollte man auch etwas an Vergrößerung aufopfern müssen, so wäre am Ende daran so viel nicht gelegen, denn wenn die Vergrößerung sehr

ins

ins Ungeheure getrieben wird, daß z. B. eine Milbe die ganze Wand eines Zimmers einnimmt, so ist doch immer das Bild etwas undeutlich. Mäßige Vergrößerung, und dafür desto mehr Deutlichkeit, ist bey allen optischen Werkzeugen, Teleskopen und Mikroskopen, besser und nützlicher, als ungeheure Vergrößerung bey wenig Licht und Deutlichkeit. Nähme man also die Lampe wiederum statt des Sonnenlichts, so wäre wieder die eigentliche Laterna magica da, nur für mikroskopische Gegenstände aptirt, d. h. mit möglichst starker und glänzender Flamme, mit gutem Hohlspiegel und Linse von kurzer Brennweite. Das Lampenmikroskop ist also noch weniger von der Zauberlaterne unterschieden, als das Sonnenmikroskop. Es ist von Adams dem Aeltern angegeben, und von dem Jüngern verbessert, welcher die Argandsche Lampe dabey anwendet, die wegen der glänzenden Flamme dazu sehr geschickt ist.

37.

Einfaches Mikroskop.

Das einfache Mikroskop ist nichts anders als eine einzige Linse von kurzer Brennweite. Der Gegenstand wird für gute Augen in den Brennpunkt der Linse gestellt, für kurzsichtige etwas nä-

her.

her. Um das Auge bequem anlegen und das Object gut anbringen zu können, ist eine gehörige Fassung von Horn, Elfenbein oder Messing dazu nöthig. Diese kann auf mancherley Art eingerichtet seyn, und es gehört hier nicht zu meinem Zwecke, mehrere derselben zu beschreiben; ich erwähne bloß die gewöhnlichsten Formen des Werkzeugs.

Die kleine Linse wird in eine vom Drechsler gemachte runde, in der Mitte durchlöcherte Scheibe eingesetzt und vermittelst einer Schraube befestigt. Die Scheibe muß einen beträchtlich größern Durchmesser haben, als bloß zur Fassung nöthig wäre, um das Auge vor fremdem Lichte zu schützen. Auch kann sie etwas vertieft seyn, um das Auge bequem hinein legen zu können. Ist die Fassung von Metall, so kann an der dem Objecte zugekehrten Seite ein metallner kleiner Hohlspiegel angebracht seyn, welcher in der Mitte, wo die Linse liegt, durchlöchert ist. Dieser Hohlspiegel ist zu guten Mikroskopen nothwendig, uns die Objecte an der dem Auge zugekehrten Seite zu beleuchten. Bey undurchsichtigen Objecten würde man sonst nicht gut hinlängliches Licht darauf bringen können, da sie wegen Kürze der Brennweite sehr nahe am Glase stehen müssen. Zu sehr starken Vergrößerungen muß man sehr kleine Linsen haben, und da macht die Fassung derselben immer einige Schwierigkeit. Dies wäre also kürzlich die Fassung der Linse.

Die Fassung des Objects kann auf verschiedene Art gemacht werden, je nachdem die Objecte sind. Dünne, durchsichtige Gegenstände, wie Haare, kleine Insekten u. dgl., kann man auf kleine Plangläser kleben, oder zwischen zwey in hölzerne Schieber eingelegte kleine Glasscheibchen einsperren; statt des Glases kann man auch das russische Frauenglas dazu anwenden. Undurchsichtige Körper, z. B. ein Fliegenkopf, ein Floh u. dgl., können auf eine Spitze gesteckt, oder mit ein wenig Leim daran geklebt werden. Kleine Thiere im Wasser oder andern Flüssigkeiten zu betrachten, bringt man einen Tropfen in ein Stück einer dünnen Glasröhre. Diese Schieber, Spitzen und Glasröhrchen müssen so angebracht werden, daß man sie nach Beschaffenheit des Auges ganz fein und genau stellen, der Linse näher und weiter bringen kann. Dies läßt sich auf verschiedene Art bewerkstelligen. So kann man z. B. die Fassung der Linse und die des Objects an einer Vorrichtung befestigen, die sich nach Art eines gewöhnlichen Zirkels aus dem Reißzeuge durch ein Gewinde weiter auf und zumachen läßt, und der genauen Stellung wegen einen Bogen mit einer Feder und Schraube dabey anbringen, wie auch bey einigen Zirkeln geschieht. Man nennt das Instrument dann ein Zirkelmikroskop.

Oder man kann auch folgende Einrichtung wählen, welche unter dem Namen des Wilsonschen Mikroskops bekannt und beliebt ist, und auf

den

den ersten Blick zuweilen für ein zusammengesetztes Mikroskop gehalten wird, was es aber offenbar nicht ist. Es hat zwar zwey Gläser, aber das eine ist bloß zur Erleuchtung da. Wir haben schon oben bey dem Sonnenmikroskop dieser Wilsonschen erwähnt. Die Fassung besteht in zwey in einander geschraubten, an den Seiten offenen Röhren, wovon die äußere die Vergrößerungslinse, die innere eingeschraubte aber die Erleuchtungslinse enthält, und zugleich dient, den Objectenschieber näher an die Vergrößerungslinse zu bringen oder weiter davon zu entfernen, indem man sie (die innere Röhre) weiter hinein oder heraus schraubt. Das Instrument läßt sich bequem bey einem Griffe anfassen und in jeder Lage an das Auge bringen. Wenn das Erleuchtungsglas bey Tage gegen das Fenster, oder des Abends gegen die Lichtflamme, oder gegen eine stark beleuchtete weiße Fläche gekehrt wird, so wird das Object, falls es nicht zu undurchsichtig ist, gut erleuchtet erscheinen.

38.

Fortsetzung.

Nachdem wir die äußere Einrichtung des einfachen Mikroskops beschrieben haben, so wollen wir jetzt die Wirkung desselben noch ein wenig näher untersuchen.

Es sey also Fig. 42 eine mikroskopische Linse EF. Vor derselben stehe ein kleines Object AB von der Linse um deren Brennweite DC entfernt. Diese Brennweite ist sehr kurz, wie etwa von 1 Zoll, $\frac{1}{2}$ Zoll, $\frac{1}{4}$ Zoll und wohl noch kleiner. Wenn die Linse noch nicht da wäre, und das Auge selbst stände in C, wo jetzt die Linse steht, so würde das Auge den Gegenstand AB ohne Zweifel unter dem Winkel ACB, aber in dieser großen Nähe nichts deutlich sehen, weil die Lichtstrahlen zu sehr divergirend auch in ein sehr kurzsichtiges Auge kommen würden.

Setzen wir aber nun die Linse in C, und das Object in deren Brennpunct, so werden alle Strahlen, die von einem Puncte des Gegenstandes herkommen, nach der Brechung parallel, und folglich wird jeder Punct von dem in O hinter die Linse gestellten gutsichtigen Auge deutlich gesehen, und demungeachtet unter demselben großen Gesichtswinkel, wie wenn er im Orte der Linse selbst stände. Denn weil EO mit AC, so auch FO mit BC parallel ist, so ist der Winkel EOF, unter welchem das Object vom Auge O gesehen wird, gleich dem ACB.

Wie ist aber die Vergrößerung nun genau zu bestimmen? — Die Antwort ist:

Eine ganz genaue Bestimmung findet hier gar nicht Statt.

Die Linse vergrößert nur durch die große Nähe, welche sie erlaubt. Nun müßte man also wenig-

nigstens ungefähr wissen, wie man ein Object von der Kleinheit zu halten pflegt, wenn man es aufmerksam betrachtet. Gesetzt, ich könnte ein solches kleines Object bis auf eine Weite von 4 Zollen dem Auge ohne Beschwerde nähern, daß also Fig. 42. Cd = 4 Zoll die größte mögliche Nähe mit bloßem Auge wäre, und ich hätte nun eine Linse von $\frac{1}{4}$ Zoll Brennweite, also DC = $\frac{1}{4}$ Zoll, so wäre mir der Gegenstand, ohne die Linse gesehen, offenbar 16 mal so weit entfernt, also auch umgekehrt der Winkel ACD, oder eigentlich dessen Tangente 16 mal größer als die des Winkels aCb;

nämlich CD : DA = r : tang. ACD
und CD : da = r : tang. aCd
folglich CD : Cd = tang. aCd : tang. ACD.

oder wenn wir es uns hier noch verstatten wollen, die Winkel selbst für gleichverhaltend mit den Tangenten zu nehmen

CD : Cd = aCd : ACD.

das heißt:

Das einfache Mikroskop vergrößert so viel mal, als die kleinste Weite des deutlichen Sehens mit bloßen Augen größer ist wie die Brennweite der Linse.

Nun aber, wie ohne Zweifel meine jungen Leser ohne mein Erinnern bemerken werden, ist hier eine gedoppelte Unbestimmtheit.

Zuerst ist es schon nicht für ein und eben dasselbe Auge so ganz genau bestimmbar, in welcher kleinsten Entfernung es noch einen kleinen Gegenstand halten kann; und noch ist zu bemerken, daß man mit einem verschlossenenen Auge ihn dem offenen etwas näher bringen könne. Mit beyden offenen Augen auf einen sehr nahen Gegenstand zu sehen, wird wegen sehr convergirender Richtungen der Augenachsen unbequemer als mit einem Auge, indem man das andere verschließt. Es kömmt auch der Umstand hinzu, daß selbst Stärke und Schwäche des Lichts und die davon abhängende Verengerung oder Erweiterung der Pupille jene kleinste Weite des deutlichen Sehens unbestimmt macht.

Zweytens aber ist nun vollends für kurzsichtige und weitsichtige Augen der Unterschied gar zu groß, als daß man — hierauf Rücksicht genommen — bey einem einfachen Mikroskop die Vergrößerung genau bestimmen könnte. Der Kurzsichtige, der einen Gegenstand schon dem bloßen Auge sehr nahe bringen kann, sieht diesen also so schon unter einem weit größern Gesichtswinkel als der Weitsichtige. Für jenen ist daher die Vergrößerung, welche ihm das Mikroskop gestattet, nicht so beträchtlich als für diesen.

Gewöhnlich pflegt man anzunehmen, die kleinste oder gewöhnliche Weite des deutlichen Sehens sey 8 Zoll, und berechnet dem gemäß die Vergrößerung; zum Beyspiel eine Linse habe $\frac{1}{4}$ Zoll Brenn=

Brennweite, so wäre die Vergrößerung $=32$, so viel mal nämlich 8″ größer ist als $\frac{1}{4}$ Zoll. Allein Augen, die nicht gerade weitsichtig, sondern überhaupt gutsichtig sind, das heißt, sich auf Nähe und Ferne gehörig einrichten können, solche Augen sehen in einer größern Nähe noch recht gut und deutlich, und würden z. B. eine Milbe, wenn sie dieselbe unbewaffnet aufmerksam betrachten, gewiß näher als 8 Zolle bringen. Ungefähr kann man es jedoch wohl bey dieser Bestimmung lassen.

Der Kurzsichtige muß den Gegenstand etwas näher, als die Brennweite beträgt, an die Linse bringen, weil er divergirende Strahlen braucht. Hierdurch wird einigermaßen die Vergrößerung vermindert, wie man sogleich an der 42sten Figur sieht, wenn man den divergirenden Strahl EQ ziehet.

Da die Vergrößerung, wie aus Obigem erhellet, desto stärker ist, je kleiner die Brennweite, so hat man zu sehr starken Mikroskopen Glaskügelchen gebraucht, wie man sie an einer durch ein Blaserohr verstärkten Lampenflamme leicht schmelzen kann. Die ersten Versuche damit wurden von einem holländischen Physiker, der sich besonders durch mikroskopische Beobachtungen berühmt gemacht hat, von Hartsoeker angestellt. Man kann nun füglich solche Kügelchen von ausnehmender Kleinheit, also von sehr kurzer Brennweite, die bekanntlich $\frac{1}{4}$ ihres Durchmessers ist, verfertigen; allein wenn sie gar zu klein werden, so sind

sie

sie nicht ohne große Beschwerde zu gebrauchen, weil man das Auge so äußerst nahe daran halten muß, weil das Gesichtsfeld sehr klein und das Licht sehr schwach ist. Der Pater di Torre in Neapel machte sie so klein, daß sie nur $\frac{1}{240}$ eines Zolles im Durchmesser hatten; allein aus den angegebenen Gründen wurden sie unbrauchbar gefunden.

Wenn eine solche kleine Glaskugel $\frac{1}{24}$ Zoll im Durchmesser hat, und man die Vergrößerung wie oben bestimmt, so würde sie $= 8 \times 24 = 192$ mal vergrößern, und damit kann man schon zufrieden seyn. Die wichtigsten mikroskopischen Entdeckungen sind mit nicht stärkerer Vergrößerung gemacht worden.

39.

Fortsetzung.

Da Glaskügelchen so gute Mikroskope geben, so könnten vielleicht auch Wassertropfen dazu dienen. Diese Idee ist, so viel ich weiß, zuerst von Stephan Grey aufgefaßt. Er brachte kleine Wassertröpfchen auf ein in eine Blechplatte gemachtes kleines Loch. Damit der Tropfen sich gut einlege, muß er nicht größer als ein Stecknadelknopf seyn, denn sonst verdrückt er sich zu sehr durch sein eignes Gewicht aus der Kugelform, die er vermöge der

der Attraction annimmt; auch muß das Loch in einer conischen Vertiefung angebracht seyn. Am besten behält der Tropfen seine sphärische Figur, wenn die Platte horizontal gelegt wird, so daß man von oben herab durchsehen muß. Immer bleibt aber dieses Wassermikroskop weit unvollkommener als das von Glas.

Noch eine Art von einfachem Mikroskop, gewiß das einfachste, was man sich denken kann, erwähne ich hier zum Schlusse; nämlich ein bloßes Loch mit einer feinen Nadel in ein schwarzgefärbtes Kartenblatt oder in ein dünnes Blech gestochen. Durch ein solches Loch kommen nur wenige Strahlen auf die Pupille, die denn auch, wenn der Gegenstand sehr nahe ist, noch ein ziemlich deutliches Bild auf der Netzhaut machen. Sie sind also in eben dem Sinne Vergrößerungsmittel, wie einfache convexe Linsengläser; nämlich sie verstatten den Gegenstand nahe ans Auge zu bringen, also ihn unter einem großen Gesichtswinkel zu sehen, ohne Undeutlichkeit.

Bey diesen kleinen Löchern beyläufig noch ein Wort von einer besondern Erscheinung, die eben der oben genannte Engländer Stephan Grey, so viel ich weiß, zuerst bemerkte, und meine jungen Leser sehr leicht nachmachen können. Um ein solches Loch als Mikroskop zu gebrauchen, müßte man den Gegenstand, z. B. gleich die Nadel, mit der man das Löchlein hinein gestochen hatte, jenseits oder vor demselben halten. Nun aber halte

halte man die Nadel diesseits oder hinter demselben zwischen Kartenblatt und Auge, indem man sich so stellt, daß das Tageslicht durchs Fenster auf das erstere scheint, so wird man zwey Nadeln sehen, die eine wirkliche dicht vor dem Auge, und wegen ihrer großen Nähe sehr undeutlich, wiewohl groß; die andere erscheint wie jenseits des Loches, umgekehrt ebenfalls vergrößert und dunkel. Bewegt man die wirkliche Nadel links, so scheint jene umgekehrte rechts vor dem Loche vorbey zu gehen, und macht überhaupt alle Bewegungen, die man der wirklichen Nadel giebt, in entgegengesetzter Richtung nach. Ferner sieht man auch, wenn man das obere Augenlied zublinkt, die Augenwimper sehr vergrößert, ebenfalls in entgegengesetzter Richtung, nämlich von unten her in dem Loche heraufkommen. Von diesem Phänomen haben Einige, und wenn ich nicht irre Grey selbst, eine besondere Erklärung gegeben, nämlich es müsse in einem solchen kleinen Loche etwas wie ein Hohlspiegel seyn, dessen Höhlung gegen das Auge gekehrt sey, und das Bild der Nadel oder der Augenwimpern vergrößert und umgekehrt in das Auge würfe. — Ich sehe aber durchaus nicht ein, was denn hier wie ein Hohlspiegel wirken solle. Das Loch selbst ist keine hohle Fläche, sondern — ein Loch, also müßte man sich etwa vorstellen, die Luft bilde da durch Adhäsion an die Ränder des Lochs so eine hohle Fläche; aber es fällt in die Augen, wie willkührlich und ohne hinreichenden Grund

eine solche Annahme wäre. Wir werden hoffentlich nicht nöthig haben, unsere Zuflucht zu einer so seltsamen Erklärung zu nehmen. Die Sache ist nämlich ohne allen Zweifel kürzlich diese: Das Loch ist gegen das Fenster gehalten für das übrigens beschattete Auge ein leuchtender Punct. Die Nadel zwischen Loch und Auge gehalten, fängt das Licht, was durch jenes in dieses kommt, zum Theil auf, und wirft ihren Schatten in das Auge. Dieser Schatten steht wie die Nadel. Ist diese aufrecht, die Spitze oben, so ist ihr Bild auf der Netzhaut umgekehrt, und eben deswegen wird sie aufrecht empfunden; der Schatten, der ins Auge projicirt wird, nicht aber ein vor dem Auge gesehener Gegenstand ist, steht im Auge auf der Netzhaut aufrecht, und wird deswegen als umgekehrt empfunden. Daß er wie eine zweyte wirkliche Nadel vor dem Loche erscheint, ist eine Täuschung. Wir setzen ihn dahin, weil er uns immer nur im Bezirke des Lochs erscheinen kann. Grey nannte solche kleine Löcher, wegen der unrichtigen Vorstellung, die er damit verband, L u f t s p i e g e l; er hätte sie lieber L i c h t l ö c h e r nennen sollen.

40.

Zusammengesetztes Mikroskop.

Zusammensetzungen von Gläsern, oder von Gläsern und Spiegeln, durch welche die Gegenstände vergrößert erscheinen, können auf mancherley Art gemacht werden. Man kann zwey oder mehrere Convergläser, oder auch Convex- und Concavgläser, oder Convex- und Concavspiegel mit Gläsern verbinden. Wir wollen einige Arten beschreiben.

1. Mikroskop von zwey Convergläsern.

Eine Objectivlinse von kurzer Brennweite DE (Fig. 43) ist in dem untern Theile eines Rohrs eingesetzt, und ein Ocularglas HI in dem obern Theile eines andern Rohrs, welches sich in jenem auf und nieder schieben läßt. Unter jener Objectivlinse werden etwas außerhalb deren Brennweite in AB die kleinen Objecte auf Glasschiebern untergelegt, und von unten her durch einen Spiegel KD beleuchtet. Das Rohr ist an einem Gestelle befestigt, woran man es bequem auf und nieder schieben kann, um die Objectivlinse dem Gegenstande nach Gefallen zu nähern. Unten kann das Gestelle mit einem Kästchen oder mit einer kleinen Schublade versehen seyn, um die Schieber mit den Objecten und andere kleine Geräthschaften darin aufzubewahren.

Die

Die Wirkung dieses Werkzeugs ist folgende: Das Object AB steht etwas außerhalb der Brennweite der Objectivlinse, folglich macht diese ein physisches umgekehrtes, vergrößertes Bild des Gegenstandes in der Weite, welche durch eine oben gefundene Formel $\frac{b \cdot f}{b-f}$ ausgedrückt wird. Dieses Bild wird durch das Ocularglas von einem guten Auge deutlich gesehen, wenn das Ocular so gestellt ist, daß das Bild in seinem Brennpuncte liegt.

Nun wollen wir sehen, wie die Vergrößerung eines solchen Werkzeugs zu beurtheilen sey.

Wenn das Auge in C stände, so würde der Gegenstand AB unter dem Winkel ACB gesehen, welcher seinem Scheitelwinkel, den ich in der Figur v genannt habe, gleich ist.

Das Auge in O aber sieht durch das Ocular das Bild ab unter dem Winkel GOJ, welcher dem gleichliegenden Winkel, den ich in der Figur mit w bezeichnet habe, gleich ist, weil nämlich der Strahl JO dem durch die Mitte des Glases gehenden bG parallel ist.

Es kommt also darauf an, wie sich der Winkel v zum Winkel w verhalte.

Es verhält sich aber

$$Ca : ab = \text{sin. tot.} : \text{tang. } v$$
$$ab : aG = \text{tang. } w : \text{sin. tot.}$$

folglich $Ca : aG = \text{tang. } w : \text{tang. } v$

oder wegen kleiner Winkel auch

$$Ca : aG = w : v$$

oder

oder für Ca den obigen Ausdruck der Weite des Bildes gesetzt, wo nämlich

AC = b Weite des Gegenstandes von der Objectivlinse,

CF = f Brennweite der Objectivlinse,

Ga = F Brennweite des Oculars;

also Ca = $\frac{bf}{b-f}$ gesetzt, erhält man

$$v : w = F : \frac{bf}{b-f}$$

Dies ist blos die Vergrößerung in Rücksicht der beyden Winkel v und w.

Weil es aber nicht möglich ist, den Gegenstand dem bloßen Auge so nahe zu bringen, als er vor der Objectivlinse liegt, weil man nichts deutlich sehen würde, so muß die eben gefundene Vergrößerung noch um so viel mal vermehrt werden, als die Weite CA in der Weite des deutlichen Sehens, wofür man gewöhnlich 8 Zoll annimmt, enthalten ist;

oder wenn wir die Weite des deutlichen Sehens im Allgemeinen = a, und den Sehewinkel in dieser Weite mit bloßem Auge = x setzen, so ist

nach obigem $x : v = b : a$

und $v : w = F : \frac{bf}{b-f}$

folglich $x : w = bF : \frac{abf}{b-f}$

oder $x : w = F : \frac{af}{b-f}$

und $w = \frac{af.x}{(b-f)F}$

Exem-

Exempel. Es sey in einem Mikroskope
Brennweite der Objectivlinse $f = \frac{1}{2}$ Zoll $= 0,5$ Zoll
Brennweite des Oculars F . . . . $= 2$,
Weite des Objectivs von der Linse b $= 0,6$
Weite des deutlichen Sehens a . . $= 8$,

so ist $$w = \frac{8 \,.\, 0,5 \,.\,.\, x}{(0,6 - 0,5) \,.\, 2} = 20 \,.\, x$$

Das Mikroskop vergrößert also zwanzigmal, d. h. man sieht eines Gegenstandes Durchmesser durch dasselbe unter einem zwanzigmal so großen Gesichtswinkel als ohne dasselbe mit bloßem Auge in einer Weite von acht Zollen.

Wenn wir von Vergrößerung sprechen, so verstehen wir immer darunter, die einer Linie. Wenn man die der Fläche angeben wollte, so müßte man das Quadrat der Vergrößerungszahl nehmen, weil nämlich Flächen sich verhalten wie Quadrate der Durchmesser. Man würde also sagen, obiges Mikroskop vergrößere eine Fläche vierhundertmal. Von sogenannten Optikern *), die

*) Wenn ich sie sogenannte Optiker nenne, so will ich damit keineswegs läugnen, daß es darunter Leute giebt, die ihre Kunst gründlich verstehen; aber wie es mit den Kenntnissen Eines oder des Andern beschaffen sey, davon hatte ich vor einiger Zeit einen auffallenden Beweis, da mir ein solcher Optiker dreist behauptete: Objectivgläser in Fernröhren machten kein Bild, sie approchirten bloß! Ich zeigte ihm das Bild an der Wand. Das war ihm ganz neu!

die mit Instrumenten zum Verkauf herum reisen, hört man sogar oft Vergrößerungszahlen angeben, die sich auf die scheinbare Größe der körperlichen Räume beziehen, weil große Zahlen prächtiger klingen. Körperliche Räume verhalten sich wie die Cubikzahlen der Durchmesser; also würde man von obigem Mikroskop sagen können, es stelle einen Körper 8000 mal größer dar.

41.

Fortsetzung.

Gewöhnlicher als die eben beschriebenen Mikroskope mit zwey Convergläsern sind die mit drey dergleichen, nämlich einer mikroskopischen Objectivlinse und zwey Ocularglásern; letztere in einem Rohre befestigt, so daß ihre Entfernung von einander ungeändert bleibt, beyde zusammen aber der Objectivlinse mehr oder weniger genähert werden können.

Ein Werkzeug dieser Art stellt die 44. Figur dar. Die Objectivlinse DE würde von dem etwas außerhalb der Brennweite gestellten Gegenstand ein weit entferntes Bild in ab machen. Dieses kömmt aber nicht wirklich zu Stande, sondern die Strahlen werden von dem Glase KL aufgefangen und in ein näheres Bild αβ zusamengebracht. Das

Glas

Glas KL heißt daher das Collectivglas. Das Bild $\alpha\beta$ steht im Brennpunkte des Oculars HI, und wird durch dasselbe vom Auge in O deutlich gesehen.

Die Vergrößerung bey diesem Werkzeuge ist folgendermaßen zu beurtheilen.

Wir wollen bey der einfach mikroskopischen Vergrößerung den Anfang machen. Also ohne Glas nehmen wir die Entfernung des Objects vom Auge = a, und die Entfernung des Objects von der Objectivlinse = b. Den Winkel mit bloßem Auge in der Entfernung a setzen wir wie vorhin = x; den Winkel ACB an der Objectivlinse oder dessen Scheitelwinkel aCb = v.

Also zuvörderst wie vorhin

$$x : v = b : a$$

Den Winkel aMb an dem Collectivglase nennen wir t. Es verhält sich nun

$$Ca : ab = \text{sin. tot.} : \text{tang. } v$$
$$ab : aM = \text{tang. } t : \text{sin. tot.}$$

folglich $Ca : aM = \text{tang. } t : \text{tang. } v$

oder ohne bedeutenden Fehler

$$v : t = Ma : Ca$$

Der Winkel endlich, unter welchem das hinter dem Ocular gestellte Auge das Bild $\alpha\beta$ sieht, GOJ, oder welches einerley ist, $\alpha G\beta$ heiße wie vorhin = w. Nun ist aber

$$M\alpha : \alpha\beta = \text{sin. tot.} : \text{tang. } t$$
$$\alpha\beta : \alpha G = \text{tang. } w : \text{sin. tot.}$$

folglich $M\alpha : \alpha G = \text{tang. } w : \text{tang. } t$

oder

oder ohne bedeutenden Fehler

$$t : w = G\alpha : M\alpha$$

Nehmen wir nun die gefundenen Proportionen zusammen

nämlich $x : v = b : a$

ferner $v : t = Ma : Ca$

endlich $t : w = G\alpha : M\alpha$

folglich $x : w = b.Ma.G\alpha : a.Ca.M\alpha$.

Exempel. Ein Mikroskop habe folgende Anordnung:

Brennweite der Objectivlinse f . . = 9 Linien

Brennweite des Collectivglases g = 28

Brennweite des Oculars $G\alpha = F$ = 12

Abstand GM . . . . = 24

Abstand CM . . . . = 54

folglich $M\alpha = GM - G\alpha$ . . = 12

und $Ma = \frac{-M\alpha . g}{M\alpha - g} = \frac{-12.28}{12-28} = 21$

also $Ca = CM - Ma$ . . = 75

Hierdurch ist die Weite des Objects von der Linse bestimmt, nämlich

es ist $CA = b = \frac{Ca . f}{Ca - f} = \frac{75 \cdot 9}{66} = 10\frac{5}{22}$

setzt man nun wie gewöhnlich $a = 96$

nämlich 8 Zoll

so hat man alles, was zur Bestimmung der Vergrößerung nöthig ist, nämlich

$$x : w = 10\tfrac{5}{22} . 21 . 12 : 96 . 75 . 12$$

$$= 1 : 33\tfrac{11}{21}$$

Man

Man kann auch Mikroskope mit einem hohlgeschliffenen Ocular, so auch von sphärischen Spiegeln machen; da aber diese weniger im Gebrauch sind, so wollen wir ihre Einrichtung hier nicht weitläuftig beschreiben.

42.

Holländisches oder Galiläisches Fernrohr.

Fernröhre Telesskope sind auch Vergrößerungsgläser, nur werden sie nicht Mikroskope genannt, weil der Gegenstand nicht an sich klein ist, sondern nur wegen großer Entfernung klein scheint. Uebrigens das Wesentliche bey jenen, wie bey diesen ist Vergrößerung des Gesichtswinkels bey hinlänglicher Deutlichkeit. Helligkeit und Gesichtsfeld sind dabey auch zwey wichtige Dinge.

Die Fernröhre sind von verschiedener Art, wie die Mikroskope. Man kann sie eintheilen

1. in Rücksicht der Menge der Bilder, welche sie machen, in solche, welche gar keins, oder welche ein, zwey und mehrere Bilder machen;

2. in Rücksicht der Lenkung der Strahlen in brechende und zurückwerfende, dioptrische und katoptrische. Jene bestehen bloß aus Gläsern, diese aus Spiegeln und Gläsern. Letztere werden ins-

besondere Teleskope, Spiegelteleskope, Reflectors genennt.

3. Die dioptrischen in Rücksicht der Farbenzerstreuung in gemeine und achromatische, welche letztere eine neuere Erfindung sind.

Wir wollen die gewöhnlichsten Arten hier beschreiben.

Das älteste Fernrohr, welches gleich nach seiner Erfindung ziemlich allgemein bekannt wurde, ist das sogenannte Holländische oder Galiläische. Es besteht aus einem convexen Objectiv und aus einem concaven Ocular, macht sehr deutlich und verträgt ziemlich starke Vergrößerung, ohne daß man farbige Ränder sieht; aber was ein unangenehmer Umstand dabey ist, es hat gar zu wenig Gesichtsfeld, wenn die Vergrößerung etwas beträchtlich seyn soll, auch fehlt es an Helligkeit. Es ist daher jetzt fast nur zu kleinen Taschenperspectiven im Gebrauch, doch kann man es bey hellen Gegenständen und wo es nicht auf grosses Gesichtsfeld ankömmt, z. B. bey Beobachtung der Flecken in Sonne und Mond, noch immer mit Nutzen gebrauchen.

Die 45. Figur stellt ein solches Galiläisches Fernrohr dar.

Von einem weit entfernten Gegenstande fallen Lichtstrahlen auf das Objectivglas DE; von dem untersten Punct A des Gegenstandes die als parallel anzusehnden Strahlen AC, AD; von dem ober-

obersten Puncte der ebenfalls als parallel anzusehenden BC,BD.

Wenn sie ungehindert fortgehen könnten, so würden jene das Bild a, diese das Bild b machen; es würde ein umgekehrtes Bild ab des Gegenstandes in der Brennweite Ca des Objectivglases entstehen.

Allein ehe noch dieses Bild wirklich zu Stande kömmt, werden die Strahlen von dem concaven Ocular FG aufgefangen; welches so gestellt ist, daß sein geometrischer Brennpunct ebenfalls in a fällt.

Da nun aus oben bewiesenen Sätzen bekannt ist, daß Strahlen, welche auf den geometrischen Brennpunct eines Hohlglases zugehen und also convergirend auf dasselbe fallen, nach der Brechung parallel fortgehen, so kommen sowohl die von A als die von B, kurz die von jedem Puncte des Gegenstandes herrührenden Strahlen parallel in das gleich hinter dem Ocularglase gestellte Auge; und wenn dieses gutsichtig ist, so siehet es folglich den Gegenstand deutlich. Das Auge sieht den Punct B nach der Richtung OD, also über dem Puncte A und folglich sieht es den Gegenstand in seiner natürlichen Lage, oder aufrecht.

Es sieht aber den Gegenstand auch vergrößert. Denn das bloße Auge würde in C den Gegenstand unter dem Sehewinkel ACB sehen, dagegen sieht es ihn jetzt durch das Fernrohr unter

dem Winkel COD. Denn es bekommt alle Strahlen, welche von dem oberen Ende des Gegenstandes herrühren in der mit dem Strahl DOb parallelen Richtung. Dieser Strahl DOb ist nämlich für das Ocular der Hauptstrahl, der durch des Glases Mitte gehet, mit dem alle andere von demselben Punct herkommenden parallel gehen.

Der Winkel COD aber ist größer, als der Winkel ACB. Nämlich letzterer ist gleich dem Scheitelwinkel OCG oder welches derselbe ist aCb, und ersterer ebenfalls gleich seinem Scheitelwinkel aOb. Nun verhält sich aber

$$Ca : ab = \text{sin. tot.} : \text{tang.}\, aCb$$

und $$ab : Oa = \text{tang.}\, aOb : \text{sin. tot.}$$

folglich $$Ca : Oa = \text{tang.}\, aOb : \text{tang.}\, aCb.$$

oder da hier immer kleine Winkel sind

$$aCb : aOb = Oa : Ca$$

das heißt: der Sehewinkel mit bloßem Auge zu dem Sehewinkel mit dem Fernglase, wie die Brennweite des Oculars zu der Brennweite des Objectivs.

Oder welches einerley ist: das Fernrohr vergrößert so vielmal, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivs enthalten ist.

Auf den ersten Blick möchte es nun scheinen, als ob man wegen dieser Verhältniß die Vergrösserung so weit treiben könne, als man wolle. Wenn ein Objectiv z. B. 4 Fuß Brennweite und ein hohles Ocular 4 Linien Brennweite hätte, so würde

würde das eine 144fache Vergrößerung geben, weil 4 Linien in 4 Fuß 144 mal enthalten ist. Allein wir wollen sogleich noch eine Betrachtung beyfügen, welche zeigt, daß man hier in gewisse Gränzen eingeschränkt sey, wenn das Instrument brauchbar bleiben soll.

43.

Fortsetzung.

Wir erwähnten nämlich vorhin schon, daß das Galiläische Fernrohr bey seinen guten Eigenschaften der Deutlichkeit und einfachen Construction den Fehler eines geringen Gesichtsfeldes habe. Wir wollen dies noch etwas näher untersuchen.

Gesichtsfeld heißt der Raum, den man durch ein optisches Werkzeug übersieht. Da die Gläser immer kreisförmig sind, so ist auch das Gesichtsfeld kreisförmig. Die Größe desselben ist der Winkel, unter welchem der Raum, der im Fernohre übersehen werden kann, dem bloßen Auge erscheint.

So ist bey dem Galiläischen Fernrohre Fig. 45. der scheinbare Halbmesser des Gesichtsfeldes der Winkel ACB oder OCG, wenn wir nämlich annehmen, daß BC der äußerste Strahl sey, der noch durch das Ocular in das dicht dahinter stehende Auge gelangen kann. Dieser Winkel ist derjenige, un-

ter

ter welchem der Halbmesser OG der Oeffnung des Oculars, von C als der Mitte des Objectivglases aus gesehen würde. Es verhält sich aber

$$CO : OG = \text{sin. tot.} : \text{tang. } OCG.$$

Also wenn wir sinus totus = 1, und wegen Kleinheit des Winkels statt der Tangente den Winkel selbst nehmen, so ist

$$OCG = \frac{OG}{OC}$$

das heißt: der Halbmesser des Gesichtsfeldes in Galiläischen Fernröhren verhält sich wie der Oeffnungshalbmesser des Oculars, dividirt durch die Länge des Fernrohrs, oder welches einerley ist, durch den Abstand des Objectivs vom Ocular.

Letztere (die Länge des Galiläischen Fernrohres) OC ist = Ca — Oa, gleich dem Unterschiede der Brennweiten der beyden Gläser. Wenn wir diese Brennweiten des Objectivs = F, des Oculars = f, den Oeffnungshalbmesser = r, den Halbmesser des Gesichtsfeldes = c und die Vergrößerungszahl = q setzen, so ist

$$c = \frac{r}{F - f}$$

oder da $\frac{F}{f} = q$ oder $F = qf$ ist

auch $c = \frac{r}{qF - f} = \frac{r}{(q - 1)f}$

Je größer nun hier die Vergrößerungszahl q wird, desto kleiner wird der ganze Ausdruck für c; das Gesichtsfeld wird um desto kleiner, je stärker die Vergrößerung seyn soll.

Je

Je größer hingegen der Oeffnungshalbmesser r des Augenglases wird, desto größer wird das Gesichtsfeld — nur hat dies auch bald seine Gränze, denn eigentlich kömmt es doch auf die Strahlen an, die wirklich in das Innere des Auges auf die Netzhaut kommen können. Also die Oeffnung der Pupille ist es, welche deren Menge bestimmt. Wenigstens muß also der Oeffnungshalbmesser des concaven Oculars beym Galiläischen Fernrohre nicht kleiner seyn, als der Oeffnungshalbmesser der Pupille höchstens werden kann. Bekanntlich ist dieser aber nicht immer gleich, sondern nach Maßgabe des Lichts verschieden. Im Dunkeln ist er grösser, als im Hellen. Man setzt diesen Halbmesser der Pupille auf $\frac{1}{20}$ Zoll; indessen ist er bey schwachem Lichte größer, auch ist er unter einerley Umständen nicht bey allen Personen einerley. Es wird also immer wenigstens ein Oeffnungshalbmesser des Oculars gut seyn, der etwas größer, als $\frac{1}{20}$ Zoll ist, damit das Auge, wenn es dicht an das Glas gehalten wird, so viel als möglich übersehen könne. Je weiter sich das Auge vom Glase entfernt, um desto weniger übersieht es, wie von selbst klar ist.

Wegen der möglich größten Helligkeit muß auch der Oeffnungshalbmesser des Oculars noch etwas, wiewohl nur um ein Weniges, größer genommen werden, als es bloß des Gesichtsfeldes wegen zu seyn brauchte. Wir müßen von diesem

eben,

ebenfalls wichtigen Umstande, nämlich von der Helligkeit, noch einiges sagen.

44.

Fortsetzung.

Begreiflich ist die Helligkeit um desto grösser, je mehr Lichtstrahlen von jedem Puncte des Gegenstandes durch das Fernrohr ins Auge kommen können, und je kleiner der Raum ist, den das Bild des Gegenstandes einnimmt, auf welches sich die Lichtmenge verbreitet. Wenn wir also die Helligkeit zweyer Fernröhre (unter übrigens gleichen Umständen, gleicher Beleuchtung und Entfernung des Objects u. s. w.) mit einander vergleichen wollen, so müssen wir auf die Menge des einfallenden Lichts und auf die Vergrößerung sehen.

Die einfallende Lichtmenge richtet sich aber ohne Zweifel nach der Größe der Oeffnung des Objectivglases, und diese ist, wie jede Kreisfläche, dem Quadrate ihres Halbmessers proportional. Wenn wir also diesen = R setzen, so ist die Helligkeit zuvörderst im geraden Verhältniße mit R^2.

Die Vergrößerung aber richtet sich nach dem Verhältnisse der Brennweiten des Objectivs und Ocu-

Oculars, sie ist nämlich $= \frac{F}{f}$. Wir nannten diese Quotienten oder die Vergrößerungszahl vorhin $= q$. Dies war aber zu verstehen vor der Vergrösserung einer Linie. Wenn wir nun die Größe der Fläche des Bildes betrachten, auf welche das einfallende Licht sich verbreitet, so ist diese dem Quadrate seiner Vergrößerungszahl proportional, oder die Fläche der Bilder verhält sich wie q^2. Dadurch hätten wir denn Folgendes für die Helligkeit des Fernrohrs.

Die Helligkeit verhält sich wie $\frac{R^2}{q^2}$ oder welches dasselbe ist, wie $\frac{R^2 f^2}{F^2}$ das ist, wie Quadrat des Oeffnungshalbmessers des Objectivs mit dem Quadrat seiner Brennweite dividirt und mit dem Quadrat der Brennweite des Oculars multiplicirt.

Wenn wir vorhin sagten, daß der Oeffnungshalbmesser des Oculars wegen der möglich größten Helligkeit um etwas weniger größer seyn müsse, als wegen des Gesichtsfeldes nöthig wäre, so erklärt sich dies aus dem Anblicke der 45. Fig. folgendermaßen.

Um bloß den einzigen äußersten Strahl vom Puncte B zu erhalten, brauchte freylich das Ocular nicht einmal bis G geöffnet zu seyn: denn wenn das Auge in O unmittelbar ans Glas gehalten wird, so bekömmt es diesen Strahl DO schon, wenn auch das Glas nur bloß eine ganz kleine

Oeff-

Oeffnung in der Mitte bey O hätte und übrigens bedeckt würde. Allein dadurch würde der Punct B so schwach gesehen, daß man ihn nicht mehr zum Gesichtsfelde rechnen könnte. Was dazu gerechnet wird, muß wenigstens durch einen mitten durch das Objectiv gehenden Hauptstrahl, wie hier BCG gesehen werden, und deshalb bestimmten wir oben das Gesichtsfeld auch durch den Winkel OCG.

Nun aber, wenn das Ocular bloß bis G geöffnet ist, so bekömmt das Auge zwar hinlängliche Lichtstrahlen vom Puncte B, als dem äußersten, von dem ein Hauptstrahl in dasselbe kommt, um ihn ziemlich helle zu sehen; aber es erhält doch nicht alle Strahlen, welche durch das Objectiv einfallen; die unterhalb G treffen, wie EH, würden für das Auge verloren seyn.

Giebt man aber dem Ocular noch etwas mehr Oeffnung bis H, so bekömmt es von B alles einfallende Licht, und sieht ihn also eben so helle wie A.

Es ist aber GH der Halbmesser des Durchschnitts des von B herkommenden Strahlenkegels DbE in der Stelle des Augenglases, und dieser Halbmesser verhält sich zum Halbmesser der Oeffnung des Objectivs, wie die Brennweite des Oculars zur Brennweite des Objectivs nämlich

$$GH : CE = bG : bC = aO : aC$$

oder $GH = \frac{fR}{F}$ oder $= \frac{R}{q}$

Um so viel könnte also der Halbmesser der

Oeff=

Oeffnung des Augenglases größer seyn, um alle Strahlen von den äußersten Puncten des eigentlichen Gesichtsfeldes durchzulassen.

Wenn auch diese Oeffnung dadurch größer als die Pupille würde, so schadet das nichts; man kann dann das Auge ein wenig außer der Mitte halten, um etwas mehr vom Gesichtsfelde am Rande zu übersehen.

Es kann auch vor dem Ocular noch ein convexes Glas als Collectivglas angebracht werden. Ein solches Fernrohr gehört dann immer noch zu der Gattung der holländischen oder Galiläischen, d. i., solcher, die kein Bild zu Stande bringen und wo das convexe Objectiv und concave Ocular die Hauptsache bleiben. Mit dieser Einrichtung erhält man ein größeres Gesichtsfeld. Da sie weniger gewöhnlich ist, weil man jetzt vollkommnere Fernröhre anderer Art hat, so fügen wir keine Abbildung und ausführliche Beschreibung davon bey.

45.

Erfindung des Fernrohrs.

Durch Röhren nach entfernten Gegenständen zu sehen, ist schon in alten Zeiten im Gebrauch gewesen. Ptolomäus mag dadurch nach den Sternen,

nen und Cäsar nach den Küsten Brittanniens gesehen haben. Es findet sich aber gar keine Nachricht, daß es Röhren mit Gläsern, eigentliche Fernröhre gewesen seyn sollten. Diese letzteren sind zuerst aus Holland gekommen.

Totius vitae nostrae regimen a sensibus pendet — (so fängt des Cartes seine Dioptrik an) quorum cum visus sit nobilissimus et latissime patens, non dubium est, quin utilissima sint inventa, quae vim illius augere queunt. Et quidem difficile est, unum excogitare, quod magis juvet quam miranda illa specilla, quae brevi tempore, quo cognita sunt — (des Cartes schrieb dies um das Jahr 1636) jam in coelo nova sidera et in terra nova alia corpora, numerosiora iis, quae antea visa fuerant detexere, Adeo ut promota luminis nostri acie ultra terminos, quibus imaginatio majorum sistebatur, viam nobis simul videantur aperuisse ad majorem et magis absolutam naturae cognitionem. Sed hoc inventum adeo utile et mirandum, non sine aliquo scientiarum nostrarum opprobrio, vagis experimentis et casui fortuito debemus.

Ante annos circiter triginta quidam Jacobus Metius vixit Alcmariae (quae civitas est Hollandiae) natus; homo humaniorum artium prorsus expers, licet patrem et fratrem

trem Matheseos cultores habuerit. — [Sein Vater war nämlich Peter Metius, der die Verhältniß des Durchmessers zum Kreisumfang = 113 : 355 berechnete *).] Hujus summa voluptas erat, specula et vitra ustoria formare, nonnulla etiam hyeme componens ex glacie, quae materies, experientia teste, non omnino ad id inepta est —

Versuche mit Brenngläsern aus Eis — ein Ausdruck, der gerade so klingt, wie gläserne Feuchtigkeit, humor vitreus, oder wie ein hölzernes Schüreisen — diese Versuche also sind nachher mehrmals wiederholt worden. Unter andern beschreibt Mairan in seiner Dissertation sur la glace die von ihm selbst angestellten, wobey er beyläufig bemerkt, daß die Pflanzenblätter oft schwarze Pünktchen zeigten, wenn nach einem starken Nebel die Sonne scheine, weil die Tröpfchen wie eben so viele kleine Brenngläser wirkten, und die Blätter folglich gleichsam durch das Wasser selbst versengt würden.

Doch wir kommen von unserm Jacob Metius ab, von dem nun des Cartes weiter erzählt:

Quum igitur hac occasione multa eaque variae formae vitra ad manum haberet, prospero quodam fato duo simul oculo objecit, quo-

*) Nicht Adrian Metius; dieser war auch ein Sohn des Peter Metius, eben der Bruder Jacobs, von dem des Cartes spricht.

quorum alterum medium paullo crassius habebat, quam extremitates, alterum vice versa extremitates quam medium multo tumidiores; et adeo feliciter illa duabus tubi extremitatibus applicuit, ut primum, de quo loquimur, telescopium inde exstiterit.

Des Cartes konnte noch kein anderes als dieses holländische Fernrohr beschreiben, und verspricht sich von demselben wohl etwas zu viel, wenn er nachher, nachdem er es erklärt hat, sagt:

His tribus perspicillis — (er schlägt nämlich vor, drey oder mehrere von stufenweis fortgehender Stärke an einem und eben demselben Gestelle zu befestigen, so daß die Achsen aller parallel liegen) — His tribus perspicillis quartum aut plura perfectiora poterunt adjungi, saltem si artificibus industria ad id requisita non desit. Et multum quidem inter haec perfectissima et imperfectiora discrimen est, nisi quod vitrum convexum debeat majus esse et ejus focus remotior. Denique si manuum industria praestare possit, quod ars docet, hujus inventi beneficio poterimus res tam particulares et minutas in astris videre, quam sint eae, quas vulgo in terra percipimus.

Das wird aber bey der größten manuum industria nicht möglich seyn.

Nach

Nach obiger Nachricht des des Cartes wäre also Jacob Metius, der Sohn des Mathematikers dieses Namens, durch ein Ungefähr der Erfinder des holländischen Fernrohrs.

46

Fortsetzung.

Andere wollen hingegen die Erfindung des holländischen Fernrohrs dem Johann Baptista Porta zuschreiben.

Primus, dubio procul, (sagt Wolf Elem. Dioptr. §. 318) tubum opticum construxit Joannes Baptista Porta Neapolitanus. Ita enim, si utrumque, inquit, (vitrum nempe concavum et convexum) recte conjungere noveris, et longinqua et proxima majora et clara videbis. Non parum multis amicis auxilii praestitimus, qui et longinqua obsoleta proxima turbida conspiciebant, ut omnia perfectissime contuerentur. Enimvero Porta inventum suum, quod casui acceptum ferebat, non satis intellexit, u. s. w.

Wenn ich meine Meinung darüber sagen soll, so glaub ich, daß Wolf hier die Stelle des Porta auch nicht ganz richtig verstanden habe. Porta spricht in seiner Magia naturalis im 10. Kapitel des 17. Buches, wo die angezogene Stelle steht, durchgängig nur von Linsengläsern als Brenn-

gläs-

gläsern und Augengläsern, und aus dem ganzen Zusammenhange erhellet, daß er hier gewiß nicht ein holländisches Fernrohr gemacht hatte. Man lese nur die kurz vorhergehende Stelle:

„Eben so (sagt er) kann man mit einem „Linsenglase einen Brief von weitem lesen, denn „wenn man das Auge an den gehörigen Ort stellt, „und der Brief in gehöriger Weite davon ist, so „werden die Buchstaben einem so groß vorkom= „men, daß man sie deutlich lesen kann. Wenn „man das Linsenglas neiget, daß man den Brief „in schräger Richtung dadurch ansehen muß, so „werden die Buchstaben noch größer scheinen, daß „man auch auf zwanzig Schritte den Brief wird „lesen können. Wenn man aber die Linsengläser „vermehren kann, will ich nicht zweifeln, daß „nicht die kleinste Schrift auf hundert Schritte „weit sollte gelesen werden können, weil von dem „einen die Buchstaben immer größer werden.“

Es läßt sich zwar nicht läugnen, daß er hier und wo er von dem verbundenen Conver= und Concavglase redet, der Idee der Fernröhre sehr nahe war, aber daß seine Zusammensetzung ein wirkliches Fernrohr gewesen sey, scheint mir gar nicht daraus zu erhellen. — Auch nur dem Wesentlichen nach, (denn auf die Einfassung in eine Röhre käme es am Ende nicht an: man kann Ferneseher ohne Röhren machen). Das Wesentliche ist converes Objectiv von großer, concaves Ocular von kleinerer Brennweite. Hiervon

sagt

sagt aber Porta nichts; er bemerkt weder, daß das concave Glas gegen das Auge, das convexe gegen den Gegenstand gerichtet seyn müsse, noch daß das concave nach kleinerem Halbmesser geschliffen seyn müsse, noch daß er sie in einer bestimmten Entfernung von einander gestellt habe.

Die Idee übrigens, daß durch Zusammenstellung von Gläsern ferne Dinge nahe und groß erscheinen könnten, hat nicht Porta zuerst, sondern sie ist weit älter. So sagt Roger Baco:

Possumus sic figurare perspicua, et taliter ea ordinare ratione visus et rerum, ut sub quocunque angulo voluerimus, videbimus rem prope vel longe, et sic ex incredibili distantia legeremus literas minutissimas et pulveres et arenas numeraremus u. s. w.

Hier ist offenbar die Idee von Teleskop und Mikroskop, aber deswegen nicht die erfundene und ausgeführte Sache selbst.

47.

Fortsetzung.

Allen Nachrichten nach ist denn das erste wirkliche Fernrohr im Anfange des 17. Jahrhunderts, etwa zwischen 1600 und 1610, von Holland aus be-

kannt geworden. Drey Namen machen auf die Ehre der Erfindung Anspruch:

Zacharias Jansen, Johann Lippersheim und der oben erwähnte Jacob Metius.

Der erste möchte wohl die meisten Gründe für sich haben. In der Schrift des Peter Borel de vero telescopii inventore Haag 1655. werden dafür gerichtliche Aussagen von Jansens Sohn und Tochter, nebst einem Briefe des holländischen Gesandten Wilhelm Boreel angeführt, welcher erzählt, daß Zacharias Jansen und sein Vater gegen das Jahr 1610 *) dem Prinzen Moritz ein Fernrohr übergeben. Dieser habe die Erfindung, weil sie im Kriege sehr nützlich werden könnte, nicht wollen bekannt werden lassen; sie sey aber doch bekannt geworden. Jemand, der den Zacharias Jansen in Middelburg aufgesucht habe, sey aus Irrthum zu dem Künstler Johann Laprey gekommen, und so hätte dieser (der mit Johann Lippersheim wahrscheinlich eine und eben dieselbe Person ist) von dem Werkzeuge Kenntniß bekommen, und habe darauf Fernröhre nachgemacht und verkauft.

Zwischen Jansen und Lippersheim (wenn wir auch den Metius jetzt ausschließen wollten) möchte zwar noch einige Ungewißheit bleiben; indessen erzählt auch Hieronymus Sirturus

*) Es muß wenigstens im Jahr 1609 oder früher gewesen seyn, wie aus dem Folgenden erhellet.

turns in seiner Schrift, betitelt Telescopium Frankf. 1618, daß letzterer (Lippersheim) durch die Nachfrage eines Unbekannten, der sich verschiedene convexe und concave Gläser bey ihm gekauft und sie gegen einander gehalten habe, aufmerksam gemacht sey, und hierauf ein Fernrohr zusammengesetzt habe; so daß also Lippersheim auch durch diese Nachricht, die mit den obigen Zeugnissen gut übereinstimmt, nur als Nacherfinder erscheint.

Galiläi, nach dem das Fernrohr auch das galiläische benannt wird, hörte im Jahr 1609 von dem Fernrohre, welches ein Künstler in Holland erfunden habe, und sann sogleich nach, um die Zusammensetzung zu finden, welches ihm auch so gut gelang, daß er in wenig Tagen ein ziemlich gutes Fernrohr zu Stande brachte.

Simon Marius erhielt in eben dem Jahre 1609 durch den Anspachischen Geheimenrath von Bimbach ein Fernrohr aus Holland.

So war nun die Erfindung aus Holland nach Deutschland, Italien und Frankreich hin in kurzer Zeit verbreitet worden, und wenn der Prinz Moritz von Nassau die Wichtigkeit derselben für den Krieg einsah, und sie deshalb geheim gehalten wünschte, so erkannten dagegen Marius und Galiläi ihre Wichtigkeit für die Sternkunde, und richteten ihre Fernröhre sogleich gegen den Himmel. Die Entdeckungen, welche sie in kurzer Zeit damit machten, waren für den damaligen un-

vollkommenen Zustand der Werkzeuge, deren sie sich bedienten, in der That bewundernswürdig.

Das erste, was man damit entdeckte, waren Monde des Jupiters. Die Ehre der Entdeckung gebührt dem Simon Marius, der sie schon am Ende des Jahres 1609 sah, und im Anfange des Jahres 1610 schon diese, wie er sie nannte, Sidera Brandeburgica für Nebenplaneten des Jupiters hielt, weil sie diesen beständig begleiteten. Galiläi entdeckte sie aber auch selbst, nur später, nämlich im Anfange des Jahres 1610, den 8. Januar, und nannte sie Sidera Medicea. Er machte seine Entdeckung in eben diesem Jahre bekannt, dagegen Marius mit der seinigen bis 1614 zurückhielt. Galiläi hat um diese Entdeckung auch in so fern das meiste Verdienst, daß er sie weiter verfolgte, die Trabanten sorgfältig beobachtete und ihren Lauf bald auf einige Zeit voraus bestimmen konnte. Er war es auch, der durch das neuerfundene und von ihm selbst verfertigte Werkzeug nun unsern nächsten Nachbar unter den Weltkörpern, den Mond, genau beobachtete, seine hellen Flecke für Erhöhungen, die dunkeln für Vertiefungen erklärte, und selbst schon den Gedanken hatte, die Höhen der Mondberge geometrisch zu bestimmen. Er war es, der bemerkte, daß die Anzahl der Fixsterne durch das Fernrohr sich unglaublich vermehre, und daß die Milchstraße nichts anders als eine ungeheure Menge von Fixsternen sey. Auch die Lichtgestal-

gestalten der Venus und die Sonnenflecken beobachtete er sorgfältig, und bemerkte an dem Saturn die Hervorragungen an seinen beyden Seiten, welche nachher dem besser bewaffneten Auge sich als ein Ring, oder durch die besten Instrumente als ein Doppelring zeigen, der den Planeten frey umschwebt *).

Meine Leser werden sich ohne Zweifel wundern, wie mit einem kaum erst erfundenen Werkzeuge, welches noch dazu nur so mäßige Vergrößerung zuläßt, wenn es ein hinlängliches Gesichtsfeld behalten soll, und dessen Gläser doch vermuthlich nicht einmal aufs vollkommenste geschliffen und für einander gewählt waren — wie mit einem solchen Werkzeuge so geschwind die wichtigsten Entdeckungen gemacht werden konnten, welche in der Astronomie eine neue Epoche machten. Und in der That, es ist auch zu verwundern, und es gehörte gewiß ungemein viel Geschicklichkeit und Beharrlichkeit dazu. Diese Eigenschaften des Beobachters ersetzen oft, was an Vollkommenheit der Instrumente abgeht. Wenigstens ist dies in der Astronomie der Fall gewesen. Die Männer, die dieser Wissenschaft eine neue Gestalt gaben, behalfen sich zum Theil mit hölzernen Winkelmessern,

*) Nachricht von dem Schicksale des ehrwürdigen Galiläi werden sich meine jungen Leser erinnern, im 4. Theile dieser physikalischen Unterhaltungen S. 20 u. s. w. gelesen zu haben.

fern, ohne noch andere als gemeine Diopteru zu haben, und mit holländischen Fernröhren, die jetzt ein Astronom nicht leicht mehr in die Hand nimmt, um damit Himmelskörper zu betrachten.

So gut übrigens die Erfindung des Fernrohrs, besonders von Marius und Galiläi, benutzt wurde, so scheint es doch nicht, daß sie die Wirkung desselben recht eingesehen und zu erklären gewußt haben. Dies war unserm großen Kepler vorbehalten, der über Alles, worauf er sein Nachdenken lenkte, Licht verbreitete, und dem man auch die für die Astronomie noch angemessenere Gattung der Fernröhre zu verdanken hat. Er erfand

---

48.

Das astronomische oder Keplersche Fernrohr

oder wie man es kurz nennt, das Sternrohr. Dieses vortreffliche Instrument wurde von Keplern selbst zwar nicht ausgeführt, aber doch so bestimmt angegeben, daß man ihn billig für den Erfinder ansehen muß. Scheiner führte es erst aus und beobachtete damit die Sonnenflecken. Daß wir Keplern die Ehre dieser Erfindung beylegen, da wir doch vorhin den Roger Baco und Porta nicht als Erfinder der Fernröhre über=

überhaupt anerkennen wollten, obgleich auch die Idee davon in ihren Schriften unläugbar enthalten ist, wird man uns nicht für Partheylichkeit auslegen. Der Fall ist hier nicht derselbe, Baco und Porta sagen unbestimmt, man könne ohne Zweifel Gläser so zusammensetzen, daß man dadurch weit entfernte und kleine Gegenstände nahe und groß erblicke, Kepler aber sagt weit bestimmter: „duobus convexis majora et distincta praestantur visibilia, sed inverso situ.“

Es fehlte weiter nichts, als daß er nur selbst die Zusammensetzung gemacht hätte, so war das gethan, was Scheiner nachher that. Daß hier keine vage Vorstellung, wie bey Porta und Baco, sondern ganz bestimmte Angabe sey, fällt in die Augen. Kepler, der die eigentliche Art, wie es mit dem Sehen zugehe, erklärte, nämlich durch Bilder auf der Netzhaut, die durch Brechung der Lichtstrahlen nach einem Puncte hin entständen — erklärte auch, wie es mit der Wirkung des Fernrohrs zugehe, und kam durch deutlich erkannte Wahrheiten auf sein Sternrohr.

In der 46. Figur haben wir eins mit dem daran gehaltenen Auge abgebildet, damit unsere jungen Leser so deutlich als möglich einsehen, wie das Werkzeug wirke. Man kann das Keplersche Sternrohr, ob es gleich nicht das ältesterfundene ist, doch gewissermaßen als die Grundlage aller übrigen, und diese fast nur als Modificationen

von jenem ansehen, daher schickt es sich auch wegen seiner Einfachheit am besten, um die Theorie dieser Werkzeuge überhaupt dem Anfänger beyzubringen, so wie es sich am besten zu himmlischen Beobachtungen schickt.

Wir wollen nun nach der Ordnung die Hauptumstände, auf welche es bey dem Sternrohre ankommt, betrachten, und diese werden folgende seyn: 1) die Lage, in welcher der Gegenstand durch dasselbe erscheint; 2) die Deutlichkeit; 3) die Vergrößerung; 4) das Gesichtsfeld; 5) die Stellung des Auges; 6) die Helligkeit.

1) Die Lage, in welcher der Gegenstand erscheint, ist, wie schon oben Kepler selbst sagte, umgekehrt. Die Strahlen AD, AC, AE kommen von dem untern in der verlängerten Achse des Fernrohrs liegenden Puncte A eines weit entfernten Gegenstandes; die Strahlen BD, BC, BE von einem um den Winkel ABC über der Achse liegenden Puncte B. Wegen der großen Entfernung sind sowohl jene vom Puncte A, als diese vom Puncte B herkommenden als parallel anzusehen. Die von A ausgehenden laufen nach der Brechung in dem Objectivglase in a, die von B in b zusammen, und machen hier, nämlich im Brennraum des Objectivs ein Bild des Gegenstandes ab, welches umgekehrt unter der Achse des Fernrohrs steht. Dieses Bild wird nun von dem Auge gesehen; die von b ausgehenden Strahlen kommen durch die Brechung im Ocularglase nach der Rich-

tung FO, wie von unterhalb der Achse herkommend ins Auge, wo auf der Netzhaut ein aufrechtstehendes Bild αβ entsteht. Der Gegenstand wird also umgekehrt gesehen.

2) Die Deutlichkeit. Damit der Gegenstand, oder vielmehr dessen Bild ab, deutlich gesehen werde, ist nothwendig, daß die von jedem Puncte a und b desselben herkommenden Strahlen so ins Auge kommen, daß sie sich auf der Netzhaut wieder im Puncte α und β vereinigen. Für das gutsichtige oder weitsichtige Auge müssen sie parallel in dasselbe fallen. Dies wird dadurch erhalten, daß das Ocularglas ebenfalls convex geschliffen und hinter dem Bilde so gestellt wird, daß das Bild im Brennraume des Glases liegt.

Für ein kurzsichtiges Auge, welches die Strahlen von einem Puncte etwas divergirend verlangt, muß das Ocular etwas näher an das Bild gerückt werden; denn von einem Puncte innerhalb der Brennweite gehen die Strahlen nach der Brechung noch divergirend fort, wiewohl minder als vorher. Für ein Auge ohne Crystallinse müßte im Gegentheil das Ocular weiter vom Bilde zurück gerückt werden, damit dieses außer der Brennweite liege und die Strahlen nach der Brechung convergirend in das Auge kämen. Um diese Verrückung des Oculars bequem zu bewerkstelligen, ist es in eine besondere Röhre eingesetzt, die in dem größern Rohre verschoben werden kann. —

Von

Von dem Grade der Deutlichkeit, in Rücksicht der Farbenzerstreuung, nachher.

49.

Fortsetzung.

Es ist schon oben am Ende des acht und zwanzigsten Abschnittes bey den convexen Gläsern bemerkt worden, daß ein bloßes einfaches Glas von einer ziemlich großen Brennweite gewissermaßen als Fernglas dienen könne, wenn das Auge sich hinter das Bild stellt und dieses unmittelbar betrachtet, wiewohl mit minderer Bequemlichkeit. Auch bemerkten wir, daß es Kurzsichtigen weniger unbequem sey, weil diese durch divergirende Strahlen deutlich sehen, und daß man am besten das eine Auge dabey verschlossen halte. Die 47. Figur zeigt ganz deutlich, wie durch ein großes etwa planconvexes Glas die Strahlen vom Bilde ab in das Auge kommen. Diese Anwendung des bloßen einzelnen Converglases von großer Brennweite ist unsers Wissens von Wolf und Tschirnhausen zuerst versucht worden. Wolf machte im Jahr 1710 seine Versuche bekannt; Tschirnhausen scheint mit den seinigen etwas geheim gethan zu haben, wie eine Stelle aus Wolfs Elementen zeigt, welche davon Nachricht giebt (Elementa Dioptricae §. 385):

Jam

Jam ante aliquot annos notatum est in Actis eruditorum anni 1710 mens. Octobr., me per tabulam vitream planoconvexam, cujus convexitatis diameter triginta pedum, longitudo duorum, latitudo unius cum dimidio existebat, ad distantiam duorum milliarium germanicorum in ipsa luce meridiana, sine ullo tubi molimine, duobus oculis apertis, sine vitro oculari, aedificia monti superstructa distinctissime vidisse. Nec credo, ab hoc diversum esse illustris Tschirnhusii inventum, quod ab ipso celatum tantopere commendatur a celeberrimo Fontenellio. Eadem enim observavi per vitrum non satis exacte politum, quae de sua lente singulari, ad illustrem academiam regiam scientiarum perscripsit Tschirnhusius, ut adeo secretum nullum sit, quod hic subesse suspicatur Fontenellius *).

Doch dies beyläufig. Wir kehren zu unserm Keplerschen Sternrohr zurück, wobey wir nun das dritte Stück der Vergrößerung zu betrachten haben.

50.

*) In den Actis eruditorum 1710 S. 466, in der Recension der Micrometria des Prof. Theodor Balthasaris zu Erlangen (dessen wir oben beym Sonnenmikroskop erwähnten), wird diese Anwendung der bloßen Glaslinse dem Campani zugeschrieben.

50.

Fortsetzung.

3) Die Vergrößerung des Sehewinkels, als der eigentliche Hauptzweck der Fernröhre und Mikroskope überhaupt, beruht hier, wie bey dem holländischen Fernrohre, auf dem Verhältniß der Brennweiten der Gläser.

Das Auge in C an der Stelle des Objectivglases gehalten, würde den entfernten Gegenstand unter dem kleinen Gesichtswinkel ACB sehen, welcher seinem Scheitelwinkel aCb gleich ist.

Mit dem Fernrohre sieht es ihn unter dem Winkel GOF, welcher dem gleichliegenden Winkel aGb gleich ist, indem die Strahlen wie FO vom Ocularglase alle so gebrochen werden, daß sie mit dem Hauptstrahl bG parallel gehen.

Nun verhält sich aber

$$ab : Ca = \text{tang. } C : \text{sin. tot.}$$

und $$Ga : ab = \text{sin. tot.} : \text{tang. } G.$$

folglich $$Ga : Ca = \text{tang. } C : \text{tang. } G$$

oder da die Winkel klein sind

$$Ga : Ca = C : G$$

das heißt, die Winkel, unter denen der Gegenstand in C ohne Glas und in G mit dem Glase gesehen werden, verhalten sich wie die Brennweite des Oculars zur Brennweite des Objectivs, oder der Gegen=

gen=

genstand erscheint so viel mal größer, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivs enthalten ist.

Bey dem holländischen Fernrohre war dasselbe Verhältniß, man könnte dieses auch in der That gewissermaßen das negative Sternrohr nennen. Beyde sind sich darin ähnlich, daß sie nur zwey Gläser haben; jenes aber hat ein concaves, dieses ein convexes Ocular; jenes zeigt den Gegenstand aufrecht, dieses umgekehrt; durch jenes sieht man das Object durch noch unvereinigte Strahlen, durch dieses sieht man eigentlich das Bild, das sie bey ihrer Vereinigung machen. Jenes ist so lang als der Unterschied der Brennweiten beyder Gläser, dieses ist so lang als die Summe beyder Brennweiten; jenes hat mehr Deutlichkeit und weniger Gesichtsfeld, dieses mehr Gesichtsfeld und weniger Deutlichkeit. — Das Letztgesagte von der Deutlichkeit werden wir nachher noch mehr erläutern; von dem Gesichtsfelde aber jetzt gleich ein Paar Worte sagen.

51.

Fortsetzung.

4) Das Gesichtsfeld zu bestimmen sey FO der äußerste Strahl, welcher vom Ocular ins Auge

kom-

kommen kann. Dieses übersieht also durch das Ocular den Winkel GOF rings um die Achse des Fernrohrs, also einen Winkel, der mit bloßem Auge der ACB oder GCF wäre. Dieser Winkel ergiebt sich nun durch das Verhältniß der beyden Linien CG und GF, das heißt, aus der Summe beyder Brennweiten oder Länge des Fernrohrs zum Halbmesser der Oeffnung des Oculars, nämlich

CG : GF = sin. tot. : tang. GCF

Meine jungen Leser werden sich erinnern, daß wir oben bey dem holländischen Fernrohre das Gesichtsfeld eben so bestimmten, und werden daher vielleicht den Einwurf machen, daß dort die Länge CO um die doppelte Brennweite des Augenglases kleiner sey als hier, und daß folglich deshalb das Gesichtsfeld nach obiger Proportion bestimmt, beym holländischen Fernrohre größer seyn müsse als bey dem astronomischen, da wir doch kurz vorher das Gegentheil behaupteten, und es als einen Vorzug des Sternrohrs rühmten, daß es ein größeres Gesichtsfeld habe.

Die Sache verhält sich so:

Bey dem holländischen Fernrohre bestimmt zwar das Verhältniß CO zu OG Fig. 45 ebenfalls die Größe des Gesichtsfeldes; aber wir bemerkten gleich dabey, es könne auf jeden Fall nichts helfen, die Oeffnung des Oculars größer zu nehmen als die Oeffnung der Pupille. Das Maximum des Gesichtsfeldes ist also dort immer durch das

Ver-

Verhältniß des Abstands beyder Gläser, oder der Länge des Rohrs zum Halbmesser der Pupille bestimmt, noch dazu unter der Bedingung, daß das Auge unmittelbar dicht am Ocularglase gehalten werde. Rückt es weiter zurück, so wird es immer weniger übersehen, und zudem bey Tage weniger, als im Dunkeln, wo sich die Pupille erweitert.

Beym Sternrohr ist der Fall anders. Die Pupille braucht hier nicht den Halbmesser der Oeffnung des Augenglases (GF Fig. 46) zu haben, um den Hauptstrahl CF zu erhalten, denn dieser kömmt durch die Brechung im Glase doch nach der Mitte der Pupille O, und das Auge braucht hier nicht dicht am Glase zu stehen; vielmehr ist

5) die Stellung des Auges eben durch die Richtung, welche jener Hauptstrahl nimmt, bestimmt. Der vortheilhafteste Ort für das Auge ist nämlich da, wo die durch die Mitte C des Objectivglases einfallenden Hauptstrahlen nach der Brechung im Augenglase die Achse schneiden, und dies geschieht für alle durch C fallende Hauptstrahlen in einem und eben demselben Puncte O, dessen Entfernung vom Ocular sich leicht auf folgende Art bestimmen läßt.

Da die Strahlen, die sich in O mit der Achse vereinigen, sämmtlich durch C gehen, so kann man C als einen Punct ansehen, von dem die Strahlen ausgehen, die Weite vom Augenglase ist CG, die Vereinigungsweite GO findet sich also nach der

be-

bekannten Formel $v = \frac{b\,f}{b - f}$ hier so: $GO = \frac{CG\,.\,f}{CG - f}$ oder da CG die Summe der Brennweiten der beyden Gläser $F + f$ ist, auch so: $GO = \frac{(F + f)\,f}{(F + f) - f}$ oder $GO = \frac{Ff + f^2}{F} = f + \frac{f^2}{F}$

Das heißt, der vortheilhafteste Ort für das Auge bey dem Sternrohre wird gefunden, wenn man zu der Brennweite des Ocularglases das Quadrat dieser Brennweite durch die des Objectivglases dividirt, hinzurechnet.

Ist letztere F sehr groß in Vergleichung mit der erstern f, so wird der Bruch $\frac{f^2}{F}$ sehr klein, und man kann ohne beträchtlichen Fehler annehmen, daß das Auge ungefähr um die Brennweite des Oculars von diesem Glase entfernt gehalten werden müsse. Die Einfassungen sind daher bey diesen Fernröhren gleich so eingerichtet, daß das Ocular um seine Brennweite von der Oeffnung, an welche das Auge gehalten wird, in die Röhre hinein gesetzt ist. Meine Leser werden diesen Unterschied bey einem holländischen und astronomischen Fernrohre vielleicht schon bemerkt haben; bey jenem liegt das Ocularglas ganz dicht an der Oeffnung, bey diesem aber tief in dem Rohre.

Daß die so eben bestimmte Entfernung $GO = f + \frac{F^2}{F}$ oder ungefähr $= f$ wirklich die vor-

theil-

theilhafteste sey, läßt sich schon aus der Figur abnehmen. Das Auge bekömmt in dieser Stelle O die möglichst größte Menge von Licht von einem jeden Puncte des Gegenstandes, und würde denselben ganz sehen, wenn auch nur die Mitte des Objectivglases Strahlen durchließe. Näher am Augenglase würde zum Beyspiel schon der Strahlencylinder FO nicht mehr in das Auge gelangen, weiter zurück ebenfalls nicht.

6) Die Helligkeit wird hier wie bey dem Galiläischen Fernrohre ausgedrückt, nämlich sie verhält sich in verschiedenen Fernröhren, wie der Quotient $\frac{R^2 f^2}{F^2}$, wo nämlich wie vorhin R den Halbmesser der Oeffnung des Objectivs, und F dessen Brennweite, f aber die Brennweite des Oculars bedeutet.

52.

Fortsetzung.

Aus der Theorie der Fernröhre, welche wir bis jetzt vorgetragen haben, konnten unsere jungen Leser vielleicht zu ähnlichen übertriebenen Erwartungen verleitet werden, wie wir oben von dem des Cartes lasen, daß es am Ende wohl möglich wäre „res tam particulares et minutas in astris videre, quam sint eae, quas vulgo in terra percipimus.“

Denn könnte man sagen, da es bey der Vergrößerung nur darauf ankömmt, daß die Brennweite des Objectivs recht groß in Rücksicht der Brennweite des Oculars sey, was hindert denn, eine sehr flache Linse von z. B. 20 Fuß als Objectiv und eine sehr erhabene mikroskopische von z. B. 2 Linien Brennweite mit einander zu einem Fernrohre zu verbinden? So hätte man sogleich eine mehr als tausendfache Vergrößerung; und da man noch weit flächere Objective schleifen und noch kleinere mikroskopische Oculare nehmen kann, so müßte man ja die Vergrößerung noch viel weiter treiben können.

Ferner, da das Gesichtsfeld sich, alles Uebrige gleich gesetzt, wie die Oeffnung des Oculars und die Helligkeit wie die Oeffnung des Objectivs verhält, was hindert denn, beyde recht groß zu machen, und so alle drey Vorzüge, starke Vergrößerung, Helligkeit und großes Gesichtsfeld mit einander zu vereinigen?

Müßte man nicht diese Kräfte der Fernröhre so weit treiben können, daß man wenigstens auf dem Monde Geschöpfe entdecken könnte?

Aber ein einziger kleiner Umstand macht bey den bisher beschriebenen Fernröhren diese großen Erwartungen zu nichts, und das ist — Undeutlichkeit.

Dieser üble Umstand ist aber von gedoppelter Art.

Eine

Eine Art der Undeutlichkeit rührt her von der sphärischen Krümmung der Gläser, und die andere Art von der ungleichen Brechbarkeit der Lichtfarben, wovon wir schon im vorigen Theile dieses Buches gehandelt haben.

Die Sache verdient es, daß ich meine jungen Leser hiervon etwas näher unterrichte.

53.

Undeutlichkeit wegen der Gestalt der Gläser.

Die Aberratio ob figuram lentium ist also der erste Grund der Undeutlichkeit. Unsere Glaslinsen sind nämlich kugelförmig geschliffen, oder richtiger gesprochen, ihre Flächen sind Segmente von Kugelflächen. Strahlen aber, die von einem Puncte auf eine sphärische Glasfläche fallen, können sich nie alle genau in einem und eben demselben Puncte hinter dem Glase vereinigen; sondern die, welche nahe um die Mitte des Glases auffallen, werden weiter hinter dem Glase, diejenigen hingegen, welche mehr nach dem Rande der Linse auffallen, werden näher hinter dem Glase vereinigt. So müssen also von den Strahlen, welche in verschiedenen concentrischen Ringen der Linse auffallen, verschiedene Bilder eines Punctes, und folglich auch eines ganzen Gegenstandes entstehen; mithin kann keine Deutlichkeit Statt finden, sobald

diese Abweichung sehr merklich wird. Man kann daher nur das Stück der Objectivlinse als brauchbar ansehen, was um die Mitte herum liegt, und muß den Rand mit einer ringförmig ausgeschnittenen Bedeckung, etwa von schwarzgefärbtem Papier oder dgl., absichtlich unwirksam machen; also an Helligkeit viel aufopfern, um an Deutlichkeit zu gewinnen.

Meine jungen Leser können mir aber hier wiederum eine gedoppelte Frage aufwerfen, wenn sie, wie ich immer gern voraussetze, zum Nachdenken gewöhnt sind und nicht gern etwas aufs Wort annehmen, sondern in Dingen dieser Art lieber einsehen als glauben mögen.

Nämlich erstlich: Verhält sichs denn auch wirklich so, daß die Strahlen, die weiter von der der Mitte der Linse auffallen, sich nicht in denselben Puncten hinter dem Glase vereinigen, wie die um die Mitte, und warum?

Und zweytens: Ließe sich dieser Unvollkommenheit, wenn sie wirklich bey sphärischen Glasflächen unvermeidlich ist, nicht auf irgend eine Art abhelfen?

Bey beyden Fragen gilt das alte Sprichwort: Daß die Fragen meistens leichter sind, als die Antworten.

Ich setze zwar bey meinen Lesern Wißbegierde und einige Kenntniß der Geometrie und mathematischen Rechenkunst voraus; aber um einen allgemeinen Beweis der Abweichung wegen der sphärischen

schen Figur, und eine allgemeine Entwickelung ihrer Größe zu verstehen, dazu gehörte denn doch mehr, als ich voraussetzen darf. Die bey dioptrischen Untersuchungen vorkommenden Größen gehen oft so verwickelte Zusammensetzungen ein, daß wohl ein geübter Rechner dabey ermüden kann. Auf eine allgemeine algebraische Darstellung müssen wir also hier Verzicht thun. Weil ich aber doch nicht gern wollte, daß meine jungen Leser etwas bloß historische Kenntniß von der Sache erhielten, so will ich das Mittel wählen, was ich schon sonst in diesem Buche bey ähnlichen Fällen anwendete, und was allenfalls die Stelle des Beweises vertreten kann, nämlich durch Exempel zeigen, daß die Behauptung wahr sey.

54.

Fortsetzung.

Ich nehme zuvörderst in der 48. Figur den Halbmesser der vordern Glasfläche CE und den der hintern Fläche GH gleich, nämlich jeden = 2 Fuß an.

Die Entfernung des Punctes A in der Achse, von welchem die Strahlen ausgehen, AB sey = 6 Fuß, also AC = 8 Fuß. Die Dicke der Glaslinse in der Mitte BI sey 2 Linien, nach Decimalmaß

= 0,02

= 0,02 Fuß. Diese Größen bleiben im Folgenden immer unverändert.

Ferner aber sey nun der Winkel A, welchen ein einfallender Strahl mit der Achse macht, zuerst 3 Grad, sodann 4 Grad und endlich 5 Grad. Wir wollen für diese drey Annahmen den Punct F suchen, oder die Weite CF dieses Vereinigungspunctes hinter dem Mittelpuncte der vordern Glasfläche, wodurch zugleich die Weite BF hinter der Mitte dieser Fläche bekannt ist.

Zuerst haben wir nun hier folgende Proportion:

CE : CA = sin. CAE : sin. AEC

Der Sinus AEC ist zugleich sin. CEK, und dies ist der Einfallswinkel. Wir berechnen also diesen Winkel für unsere drey Fälle so: (Wir stellen die drey Rechnungen neben einander, damit die Verschiedenheit der herauskommenden Zahlen desto leichter in die Augen falle.) Also:

für CAE =	3°	4°	5°
Log. sin. CAE =	8,7188002	8,8435845	8,9402960
Log. CA (= 8′) =	0,9030900	0,9030900	0,9030900
	9,6218902	9,7466745	9,8433860
Log. CE (= 2′) =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
Log. sin. CEK =	9,3208602	9,4456445	9,5423560
Einfallsw. CEK =	12° 5′	16° 12′	20° 24′

Für die Brechung aus Luft in Glas ist ferner

3 : 2 = sin. CEK : sin. CED

Nämlich ED ist der bis an die Achse verlängerte Strahl nach der Brechung in der Vorderfläche.

Log.

Log. sin. CEK =	9,3208602	9,4456445	9,5423560
Log. 2 =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
	9,6218902	9,7466745	9,8433860
Log. 3. =	0,4771213	0,4771213	0,4771213
Log. sin. CED =	9,1447689	9,2695532	9,3662647
Brechungsw. CED =	8° 1′	10° 43′	13° 26′
Es war CEK =	12° 5′	16° 12′	20° 24′
abgezogen CAE =	3°	4°	5°
bleibt ACE =	9° 5′	12° 12′	15° 24′
Hiervon abg. CED =	8° 1′	10° 43′	13° 26′
bleibt CDE =	1° 4′	1° 29′	1° 58′

Hieraus findet sich CD durch die Proportion

sin. CDE : sin. CED = CE : CD

Log. CE (= 2′) =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
Log. sin. CED =	9,1447689	9,2695532	9,3662647
	9,4457989	9,5705832	9,6672947
Log. sin. CDE =	8,2698810	8,4130676	8,5355228
Log. CD =	1,1759179	1,1575156	1,1317719
CD =	14,994	14,372	13,544
dazu CB =	2,	2,	2,
und GI =	2,	2,	2,
	18,994	18,372	17,544
abgezog. BI =	0,02	0,02	0,02
bleibt GD =	18,974	18,352	17,524

Für die zweyte Brechung in der hintern Fläche der Linse ist der Einfallswinkel LHD (der Halbmesser oder das Einfallsloth GH ist von dem Puncte H, wo der einfallende Strahl EH auftrifft, nach L verlängert worden). Dieser Einfallswinkel LHD wird durch folgende Proportion gefunden:

GH : GD = sin. GDH : sin. GHD

Der

Der Winkel GDH ist aber bekannt, denn es ist kein anderer als der zuvor gefundene CDE und der gesuchte sin. GHD ist zugleich sin. LHD. Also:

Log. sin. GDH =	8,2698810	8,4130676	8,5355228
Log. GD =	1,2781589	1,2636834	1,2436332
	9,5480399	9,6767510	9,7791560
Log. GH (= 2′) =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
Log. sin. LHD =	9,2470099	9,3757210	9,4781260
LHD =	10°10′ +	13°44′ +	17°29′ +

Hieraus den Brechungswinkel LHF für die Brechung aus Glas und Luft gesucht durch die Proportion

2 : 3 = sin. LHD : sin. LHF

Log. sin. LHD =	9,2470099	9,3757210	9,4781260
Log. 3 =	0,4771213	0,4771213	0,4771213
	9,7241312	9,8528423	9,9552473
Log. 2 =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
Log. sin. LHF =	9,4231012	9,5518123	9,6542173
LHF =	15° 21′ +	20°52′ +	26°48′ +
Es war LHD =	10° 10′	13°44′	17°29′
abgezogen GDH =	1° 4′	1°29′	1°58′
bleibt HGD =	9° 6′	12°15′	15°31′
abgez. von LHF =	15° 21′	20°52′	26°48′
bleibt GFH =	6° 15′	8°37′	11° 17′

Im Dreyeck GFH wird nun die Seite GF gesucht durch die Proportion

sin. GFH : sin. GHF = GH : GF

Die Winkel GHF und LHF haben einerley Sinus.

Log.

Log. GH =	0,3010300	0,3010300	0,3010300
Log. sin. GHF =	9,4231012	9,5518123	9,6542173
	9,7241312	9,8528423	9,9552473
Log. sin. GFH =	9,0368958	9,1755784	9,2915040
Log. GF =	0,6872354	0,6772639	0,6637433
GF =	4,8667	4,7562	4,6104
abgez. GI + CB =	4	4	4
	0,8667	0,7562	0,6104
addirt BI =	0,02	0,02	0,02
kommt CF =	0,8867	0,7762	0,6304
und BF =	2,8867	2,7762	2,6304

So sehen wir durch eine Rechnung für drey Fälle, daß der Vereinigungspunct F für Strahlen, welche weiter von der Mitte des Glases einfallen oder wo BCE größer ist, näher am Glase falle als für solche Strahlen, wo der Winkel BCE kleiner ist. Die erste oben aufgeworfene Frage wäre also beantwortet.

Anmerk. Für diejenigen unter meinen Lesern, denen Buchstabenrechnung und Trigonometrie nicht fremd sind, will ich hier einen Beweis des Obigen beyfügen, und zwar für den Fall, der uns am meisten interessirt, nämlich wo die einfallenden Strahlen mit der Achse parallel sind. In diesem Fall aber ist (Fig. 15) AEG = CEF = BCE und CDE = DEF, das heißt der Winkel, unter welchem der gebrochene Strahl die Achse schneidet, ist gleich dem Unterschiede des Einfallswinkels und Brechungswinkels.

Wir wollen nun der Kürze wegen, die Sinus und Cosinus der Winkel, welche wir hier brauchen,

chen, mit einzelnen Buchstaben bezeichnen, jene mit lateinischen, diese mit griechischen; also

	Sinus	Cosinus
des Einfallswinkels	a	α
des Brechungswinkels	b	β
des Unterschiedes CDE	d	δ

Nun ist $d : b = CE : CD$

Also $$CD = \frac{b}{d} CE$$

Um nun zu sehen, wie die Vereinigungsweite CD durch den Bogen BE, das heißt, durch den Centriwinkel BCE oder, welches hier einerley ist, durch den Einfallswinkel CEF bestimmt werde, müssen wir CD durch den Sinus des Einfallswinkels, a, und durch CE auszudrücken suchen.

Was den Zähler b betrift, so wissen wir sogleich, daß er $= \frac{2}{3}$ a sey, für das gewöhnliche Brechungsverhältniß aus Luft in Glas.

Was den Nenner d betrift, so erinnern wir an die trigonometrische Formel für den Sinus des Unterschiedes zweyer Winkel *)

$$d = a\beta - \alpha b$$

wo wir nun β, α, b durch a ausdrücken können: Nämlich $b = \frac{2}{3}a$, ferner $\alpha^2 = 1 - a^2$; für Sinus totus $= 1$ und $\beta^2 = 1 - b^2$

Also $\alpha = \sqrt{1-a^2}$ und $\beta = \sqrt{1-b^2}$

Hier wollen wir aber, um uns die Sache etwas bequemer zu machen, einen kleinen arithmetischen

*) Meine Anfangsgründe der Trigonometrie §. 400.

metischen Kunstgriff zu Hülfe nehmen. Wir haben nämlich mit kleinen Winkeln zu thun, also die Sinus, welche hier in Rechnung kommen, a und b sind kleine Theile des Sinus totus oder dieser = 1 gesetzt, sind jene Sinus kleine Brüche. Wenn man nun aber $1 - \frac{1}{2} a^2$ annimmt und quadrirt, so erhält man $1 - a^2 + \frac{1}{4} a^4$ und so wenn man $1 - \frac{1}{2} b^2$ quadrirt, so kommt $1 - b^2 + \frac{1}{4} b^4$. Sind nun aber a und b kleine Brüche, so kann man die letzten Glieder als ganz unbedeutend gegen das übrige ansehen, z. B. wäre $a = \frac{1}{10}$ des Sinus totus, so wäre $\frac{1}{4} a^4 = \frac{1}{40000}$. Mithin können wir ohne Fehler $1 - a^2$ als das Quadrat von $1 - \frac{1}{2} a^2$ oder umgekehrt $1 - \frac{1}{2} a^2$ als die Wurzel von $1 - a^2$ und so auch $1 - \frac{1}{2} b^2$ als die Wurzel von $1 - b^2$ ansehen. Wir setzen also $\alpha = 1 - \frac{1}{2} a^2$, und $\beta = 1 - \frac{1}{2} b^2$.

Nach dieser vorläufigen Operation kommen wir nun wieder zu unserem Sinus CDE, oder zu $d = a\beta - \alpha b$ zurück, und setzen

$$\begin{aligned} \text{nun} \quad d &= a(1 - \tfrac{1}{2} b^2) - (1 - \tfrac{1}{2} a^2) b \\ &= a - \tfrac{1}{2} ab^2 - b + \tfrac{1}{2} ba^2 \\ &= a - \tfrac{1}{2} a \tfrac{4}{9} a^2 - \tfrac{2}{3} a + \tfrac{1}{2} \tfrac{2}{3} a . a^2 \\ &= \tfrac{1}{3} a - \tfrac{2}{9} a^3 \quad + \tfrac{1}{3} a^3 \\ &= \tfrac{1}{3} a + \tfrac{1}{9} a^3 \end{aligned}$$

Nun endlich nehmen wir den Ausdruck für ie Vereinigungsweite wieder vor,

nämlich

nämlich $CD = \frac{b}{d} CE$. Dieser wird

nun $$= \frac{\frac{2}{3}a}{\frac{1}{3}a + \frac{1}{9}a^3} CE$$

$$= \frac{2a}{a + \frac{1}{3}a^3} CE$$

$$= \frac{2}{1 + \frac{1}{3}a^2} CE$$

Da nun hier der Sinus des Einfallswinkels oder Mittelpunctswinkels im Nenner vorkommt, so ist klar, daß, je größer a wird, das heißt, je weiter von der Mitte des Glases oder von der Achse der Strahl einfällt, desto kleiner die Vereinigungsweite CD werden müße.

Wir haben hier nur die Brechung in der Vorderfläche betrachtet. Für die Hinterfläche aber gilt dasselbe.

55.

Fortsetzung.

Die im vorigen Abschnitte betrachtete Undeutlichkeit wegen der sphärischen Gestalt des Glases kannte man schon früh, und war auch darauf bedacht, derselben abzuhelfen.

Das eine Mittel, dieser Unvollkommenheit abzuhelfen, haben wir schon oben berührt, nämlich die Strahlen, welche am Rande der Linse auffallen,

len, durch eine Bedeckung zurück zu halten. Die Bedeckung oder Blendung der Gläser sind in gemeinen Fernröhren nothwendig; obgleich durch die Blendung des Objectivglases an Helligkeit und durch die des Oculars an Gesichtsfeld etwas verloren geht. Die Blendung des Objectivs besteht in einem Ring von steifem, schwarzgefärbten Papier, die des Oculars in einem hölzernen Ring in der Gegend des Bildes.

Aber das ist ein Mittel, könnte man sagen, welches dem einen Uebel abhilft und dafür ein anderes herbeyführt. Wäre es denn nicht möglich (wenn doch einmal die Unvollkommenheit von sphärisch geschliffenen Gläsern zu trennen ist), wäre es nicht möglich, den Gläsern irgend eine andere Krümmung zu geben, wodurch die Strahlen, welche von einem Puncte ausgehen, genau wieder in einen Punct vereinigt würden, auch wenn sie nicht nahe an der Achse einfallen?

Die Frage ist so natürlich, daß ich glaube, meine jungen Leser würden von selbst darauf gehalten seyn; aber sie setzt mich wieder in den Fall, daß ich nicht gern bloß historisch darauf antworten möchte, weil ich voraussetze, daß meine nachdenkenden jungen Freunde sich nicht gern mit einer solchen historischen Antwort abspeisen lassen, und doch auch nicht so viel Mathematik voraussetzen darf, als zum Verstehen einer gründlichen Antwort nöthig ist. Indessen wenn ich wüßte, daß meine Leser nicht ungeduldig würden, wenn ich ein

wenig

wenig ausholte, wie man zu sagen pflegt, so sollte mich die Zeit nicht dauern, ihnen eine merkwürdige Eigenschaft einer gewissen krummen Linie bekannt zu machen, die schon längst die Mathematiker veranlaßte, diese krumme Linie als vorzüglich vortheilhaft zur Krümmung der Gläser zu empfehlen. Wirklich würde eine solche Krümmung derjenigen Unbequemlichkeit, von der wir hier reden, völlig abhelfen. Warum man demungeachtet die sphärische Figur beybehalten hat, davon wollen wir in der Folge den Grund angeben.

Da wir uns hier in unsern physikalischen Unterhaltungen durch das Fachwerk des Systems eben nicht so genau einschränken lassen, wie in einem Compendio, so wollen wir immerhin einmal eine kleine, aber auch nur eine ganz kleine Excursion in das Gebiet der höhern Mathematik wagen, und

---

56.

Etwas über die Ellipse

einschalten, um so mehr, da wir diese krumme Linie wohl auch bey einer andern Gelegenheit wieder brauchen werden. Meine jungen Leser wissen, daß ein in einem Puncte festgebundener und in eine Ebene ausgespannt herumgeführter Faden einen Kreis beschreibt, dessen Eigenschaften in der Elemen-

mentargeometrie entwickelt werden, wo man überhaupt nur das betrachtet, was gerade Linie und Kreis betrifft.

Bindet man aber die Faden nicht in einem Puncte, sondern in zwey Puncten fest, deren Entfernung von einander kleiner als die Länge des Fadens ist, und fährt sodann mit einem Bleystifte in dem ausgespannten Faden herum, so entsteht eine Figur von ganz anderer Art, die nun nicht mehr in die Elementar-, sondern in die höhere Geometrie gehört, und dies ist eben die, wovon wir hier zu reden haben: die Ellipse.

Ungemein häufig stellt sich diese für das Auge schon so angenehme und für den Geist so viel Stoff zum Nachdenken gebende Figur unserm Blicke dar — öfterer sogar als der Kreis selbst; denn jeder Kreis, schief gesehen, das heißt, so daß das Auge nicht in seiner Achse steht, erscheint wie eine Ellipse. Jeder Rand einer Tasse, eines Trinkglases, jeder Faßreif wird also nur in einem einzigen Falle als Kreis, in hunderttausend Fällen als Ellipse gesehen. Wollen meine jungen Leser sich die Fläche einer Ellipse recht anschaulich machen, so brauchen sie nur ein etwa halb mit Wasser gefülltes Trinkglas schief zu halten, sogleich nimmt die immer horizontale Oberfläche des Wassers die Gestalt der Ellipse an, die um desto länglicher wird, um desto mehr von dem Kreise abweicht, je mehr das Glas geneigt wird.

Zuerst

Zuerst wollen wir in Beziehung auf die 49. Figur einige Linien in und an der Ellipse benennen, und sodann ein Paar der merkwürdigsten Eigenschaften dieser krummen Linie, in so fern sie hier zu unserm Zwecke gehören, entwickeln.

Die beyden Puncte F und G, um welche die Ellipse beschrieben ist, heißen die **Brennpuncte** derselben. Das Zeichnen einer Ellipse von solcher Größe, wie diese auf dem Papiere, geschieht am leichtesten, indem man einen zusammengebundenen Zwirnfaden um die beyden in F und G eingesetzten Spitzen eines Zirkels legt, und indem man den Zirkel mit der linken Hand hält, den Bleystift in dem von dem Faden gebildeten Winkel herumführt. Es giebt mehrere andere Methoden, auch eigene Instrumente, um Ellipsen zu zeichnen, aber Obiges genügt uns hier.

Die längste gerade Linie, welche in der Ellipse gezogen werden kann und durch beyde Brennpuncte geht, AB, heißt die **große Achse**.

Die in der Mitte auf die große Achse senkrecht stehende Linie DE ist die **kleine Achse**.

Der Punct C, wo sich beyde Achsen schneiden, der **Mittelpunct**.

Eine Linie von einem Brennpuncte nach irgend einem beliebigen Puncte im Umfange ist ein Radius vector.

Eine Linie TI, welche die Ellipse in einem Puncte P berührt, so daß alle übrigen Puncte dieser

ser geraden Linie außerhalb der Ellipse liegen, heißt (wie bey dem Kreise) eine Tangente.

Mehrere andere Benennungen, die uns hier jetzt nicht interessiren, übergehen wir. Die Eigenschaften der Ellipse würden Stoff zu einer ausführlichen Unterhaltung darbieten, die, wie ich glaube, vielen meiner jungen Leser nicht unangenehm seyn, aber uns hier zu weit von unserm eigentlichen Gegenstande entfernen würde. Nur folgende gehören zu unserm Zwecke.

Erstlich leuchtet es sogleich aus der Construction ein, daß die Summe der beyden Linien von den beyden Brennpuncten nach irgend einem Puncte P im Umfange allenthalben gleich sind, wo man auch den Punct P nimmt; denn sie sind offenbar immer der Länge des Fadens gleich, den man zur Verzeichnung gebraucht hat. Hat man einen zusammengebundenen Faden gebraucht, so ist dessen ganze Länge der Summe der drey Seiten FG + FP + GP gleich. Wenn der herumgeführte Punct P (wie die Spitze des Bleystifts) in A kömmt, welcher der Endpunct der großen Achse, oder der Scheitel der Ellipse ist, so ist die Länge des mit seinen Enden in F und G befestigten Fadens = FA + GA oder = FA + FG + FA; und ist der Punct P nach B in den andern Endpunct der großen Achse gerückt, so ist eben diese Länge = GB + FB oder = GB + FG + GB. Hieraus folgt also FA = GB, und daß also die Länge des Fadens

immer = FA + FG + GB, das heißt = AB, oder daß die Summe der Vectoren immer der ganzen großen Achse gleich sey. Eine merkwürdige Eigenschaft, wovon wir nachher eine Anwendung machen werden.

Geht man umgekehrt von andern als gegeben angenommenen Eigenschaften aus, so kann man die obige von Gleichheit der Summe der Vectoren auch aus jenen ableiten. Hier würde uns dies zu weit führen.

57.

Fortsetzung.

Wenn man an irgend einem Punct P im Umfange der Ellipse eine Tangente TP ziehen will, so ziehe man erst die beyden Vectoren FP und GP, nehme auf beyden von P aus gleiche Längen, wozu man gleich den kürzern Radius vector nehmen kann, also PK = PF; ziehe sodann die Linie FK und mit dieser eine Parallel-Linie durch den gegebenen Punct P. Diese Parallele TI ist die gesuchte Tangente.

Daß sie dies wirklich sey, läßt sich auf mehr als eine Art zeigen. Ich wähle dazu eine leichte Beweisart, deren sich die alten Geometer häufig bedienten, und welche man eine Deductio ad absurdum

dum zu nennen pflegt, da man nämlich das Gegentheil der Behauptung annimmt, und zeigt, daß daraus eine Ungereimtheit folgen müsse.

Gesetzt also, TI wäre nicht die Tangente, so müßte sie außer dem Puncte P noch einen andern Punct, zum Beyspiel Q, mit dem Umfange der Ellipse gemein haben.

Dann müßten auch, nach der vorhin erwähnten Eigenschaft, FQ und GQ zusammengenommen gleich seyn FP und GP.

Dies ist aber nicht möglich, wie folgende Betrachtung zeigt.

Man verlängere FP bis H; mache PH = PG und ziehe die Linien HQ und GQ.

Die Winkel TPF und PFK sind als Wechselswinkel bey Parallelen gleich, so auch QPK und PKF. Aber in dem gleichschenklichten Dreyecke PFK sind die Winkel PFK und PKF unter einander ebenfalls gleich, folglich sind auch TPF und QPK gleich, folglich auch des ersten Scheitelwinkel HPQ = QPG.

So haben also die beyden Dreyecke PQH und PQG zwey Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel gleich; sie decken sich folglich, und es ist HQ = GQ.

Sollten also FQ und GQ zusammen so groß als FP und GP seyn, so müßten auch FQ und HQ ebenfalls so groß als FP und GP, oder welches einerley ist, als FP und HP seyn.

Das hieße: zwey Seiten eines Dreyecks FQ und HQ müßten gleich seyn der dritten Seite FH, welches aber ungereimt ist.

Das Resultat dieser Schlüsse ist also, daß kein anderer Punct, außer P, der geraden Linie TI (die mit FK parallel gezogen ist) und dem Umfange der Ellipse gemein seyn könne, oder mit andern Worten: daß die mit FK durch P parallele Linie eine Tangente an P sey.

Dies vorausgesetzt, können wir nun die zweyte merkwürdige Eigenschaft der Ellipse leicht daraus herleiten, nämlich: Die Winkel, welche die Radii-Vectoren FP und GP mit einer an P gezogenen Tangente machen, sind einander gleich. Denn weil vorhin bewiesen ist, daß die Tangente mit der Grundlinie FK des gleichschenklichten Dreyecks FPK parallel gehe, so folgt, daß die Winkel TPF = PFK und IPG = PKF, folglich da PFK und PKF gleich sind, auch die Winkel TPF und IPG gleich seyen.

Das Element der krummen Linie um den Punct P hat dieselbe Lage wie die Tangente, folglich kann man auch sagen: Die Radii-Vectoren machen an jener Stelle zu beyden Seiten gleiche Winkel mit dem Umfange der Ellipse.

Und setzen wir auf die Tangente in dem Berührungspuncte P eine senkrechte Linie PL, so macht diese folglich ebenfalls mit den Vectoren

TP

TP und GP gleiche Winkel, oder die Normale halbirt in jedem Puncte des Umfangs den Winkel, den beyde Vectoren daselbst mit einander machen.

58.

Fortsetzung.

Ehe ich diese geometrische Excursion endige, muß ich noch eine Eigenschaft der Ellipse entwickeln, die hier gerade besonders interessant ist.

Da, wie wir so eben gefunden haben, die Normale PL den Winkel FPG halbirt, so ist nach einem bekannten Satze der Elementargeometrie zwischen den beyden Seiten PG, PF und den Abschnitten auf der Grundlinie LG, LF gleiches Verhältniß *); oder

$$PG : PF = LG : LF$$

folglich auch

$$PG + PF : LG + LF = PG : LG$$

Weil PG + PF der ganzen großen Achse gleich sind, so kann man diese Proportion auch so ausdrücken:

$$AB : FG = PG : LG$$

Wir wollen dieses Verhältniß auf ein Paar andere Linien anwenden: Man ziehe mit der Achse

*) Meine Anfangsgründe der Mathematik, Geom. §. 119.

Achse parallel die Linie MP, mache sie = PG, und ziehe MN senkrecht auf die verlängerte Normale ON, so auch von G die Linie GO ebenfalls senkrecht auf eben diese Normale, so hat man zwey ähnliche rechtwinklichte Dreyecke MPN und GLO; denn außer den rechten Winkeln bey N und O sind auch die Winkel M und G gleich, weil beyde wegen paralleler Linien dem Winkel TMP gleich sind. Es verhält sich folglich

MP : GL = MN : GO

oder weil MP = PG gemacht ist

PG : GL = MN : GO

oder da auch

PG : GL = AB : FG

so verhält sich

AB : FG = MN : GO

Jetzt können wir nun hiervon sogleich die Anwendung auf die Glaslinsen machen.

Da MN und GO immer einerley Verhältniß in der Ellipse haben, nämlich die der großen Achse zur Zwischenweite der Brennpuncte, man mag den Punct P annehmen, wo man will; so wäre die beste Gestalt der vorderen Glasfläche für Strahlen, welche mit der Achse parallel einfallen, hieraus folgendergestalt zu bestimmen.

Es sey MP ein solcher Strahl. Das Einfallsloth sey ON; der Sinus des Einfallswinkels MPN für den Halbmesser MP ist also die Linie MN.

Wenn

Wenn nun PG der gebrochene Strahl, GPO der Brechungswinkel, GO dessen Sinus für den Halbmesser PG = PM seyn soll, so muß sich verhalten

$$MN : GO = 3 : 2$$

Und diesem Brechungsverhältniß gemäß müßte man also auch die Ellipse machen, daß nämlich deren große Achse zur Zwischenweite der Brennpuncte sich ebenfalls wie 3 zu 2 verhalte.

Strahlen, die nun mit der Achse parallel auf eine nach einer solchen Ellipse gekrümmte Glasfläche fallen, werden nach dem zweyten Brennpuncte der Ellipse hingeben, der Punct P, wo sie einfallen, mag nahe oder nicht nahe bey der Achse liegen.

Wir hätten nun noch zu bestimmen, wie die **hintere** Glasfläche gekrümmt seyn müße, damit die gute Wirkung der vorderen nicht gestört werde.

Dies ist leicht gefunden; man braucht sie nur so zu machen, daß die ausfahrenden Strahlen gar keine Brechung in ihr erleiden, und dies ist der Fall, wenn sie auf die brechende Fläche alle senkrecht fallen. Um dies zu bewirken, hätte man also nur nöthig, die Hinterfläche sphärisch hohl zu bilden, nämlich so, daß der Mittelpunct in dem Vereinigungspuncte G liege, denn alsdann haben alle Strahlen die Richtung der Halbmesser und stehen senkrecht auf der Kugelfläche.

Daß

Daß umgekehrt Strahlen, die vom Brennpunct G eines solchen elliptisch-sphärischen Meniscus ausgehen, parallel mit der Achse fortgebrochen werden, bedarf keiner Erwähnung.

Vermuthlich werden meine Leser fragen, ob man denn den Gläsern nun nicht diese so vortheilhaft scheinende Gestalt gebe? Die Antwort ist: nein! es geschieht nicht, und zwar aus folgenden Gründen.

Als man die erwähnte elliptische Form noch für so vorzüglich hielt, mochte wohl die Schwierigkeit, den Gläsern die gehörige Krümmung zu geben, es verhindern.

Bald aber bemerkten die Kenner ohne Zweifel, daß die elliptische Krümmung auch wirklich nicht so vortheilhaft ist, wie sie nach dem Obigen scheinen möchte. Denn da es hier auf die genaue Uebereinstimmung des Verhältnisses der großen Achse zur Zwischenweite der Brennpuncte mit dem Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels und des Brechungswinkels ankömmt, so müßte für jede Glasart eine andere Ellipse gemacht werden. Von zwey in einer und eben derselben elliptischen Schüssel geschliffen, könnte das eine den verlangten Effect thun und das andere nicht.

Ferner galt ja auch das genaue Zusammengehen in einen Punct nur für die Strahlen, die parallel mit der Hauptachse einfielen; für andere, die mit dieser Richtung einen Winkel machten,

würde

würde die Abweichung wegen der Gestalt nur noch stärker werden.

Und endlich wäre doch immer noch die schlimmste Abweichung, nämlich die wegen der ungleichen Brechbarkeit des Lichts noch übrig, die durch die elliptische Krümmung gar nicht gehoben oder gemindert würde. Gegen diese letztern ist aber die Abweichung wegen der Gestalt des Glases, wenigstens bey Objectivgläsern der Fernröhre, sehr unbedeutend.

Daß ich meine Leser demungeachtet etwas ausführlich von derselben unterhalten habe, wird hoffentlich zu entschuldigen seyn. Des Cartes Idee bleibt immer sinnreich, und man kann auch hieran sehen, wie die Geometrie der Physik ihre Hülfe anbietet, auch wenn diese wegen besonderer Umstände nicht Gebrauch davon machen kann.

59.

Abweichung wegen ungleicher Brechbarkeit.

Die Erscheinung, daß ein Lichtstrahl durch Brechung in Farbenstrahlen zerlegt wird, ist schon im vorigen Theile dieses Buchs erörtert worden. So angenehm nun übrigens das Schauspiel ist, was dem Auge durch diese Farbenzerstreuung dargestellt wird, z. B. beym Regenbogen oder bey

den

den Versuchen mit dem Prisma, so unangenehm ist das Hinderniß, welches dadurch der Vergrößerung der Fernröhre entgegengestellt ist. Wir müßen uns hiebey ein wenig aufhalten.

Ein Planglas, d. h. ein Glas mit zwey ebenen und parallelen Seitenflächen zeigt keine Farben, weil, auch wenn es von beträchtlicher Dicke ist, doch die einfallenden und ausfahrenden Strahlen einander parallel bleiben. Zwar wird ein Lichtstrahl, nach der Brechung in der Vorderfläche eines solchen Glases in Farben zerstreut, allein nach der Brechung in der Hinterfläche ist sowohl der rothe als der violette nebst allen dazwischenfallenden dem einfallenden Strahl und folglich auch untereinander selbst parallel. Sobald aber Farbenstrahlen miteinander parallel fortgehen, so geben sie weißes, gemischtes ungefärbtes Licht.

Sind aber die Glasflächen an den Stellen, wo ein Lichtstrahl einfällt und ausfährt, unparallel, so sind begreiflich auch die ausfahrenden Farbenstrahlen unparallel und bleiben also abgesondertes farbiges Licht. Dies ist nun in hohem Grade der Fall bey dem dreyseitigen Glasprisma, welches zu den angenehmen Versuchen, deren wir im vorigen Theile erwähnt haben, gebraucht wird. Es ist aber auch der Fall bey jedem Glase mit gekrümmten, zumal unconcentrischen Flächen. Es giebt zwar z. B. in einer auf beyden Seiten convexen Glaslinse (und diese Gattung von Gläsern ist hier die wichtigste) allerdings Stellen auf beyden

den Seiten, die miteinander parallel sind, und ein Strahl, der beym Einfallen und Ausfahren solche Stellen trift, ist freylich von der Farbenzerstreuung frey. So sind die durch die Mitte der Linse gehenden Strahlen in diesem Falle. Dagegen aber treffen die meisten Strahlen beym Einfallen und Ausfahren auf unparallele Stellen der Glasflächen, und sind also der Farbenzerstreuung minder oder mehr unterworfen.

Um dies noch deutlicher einzusehen, wollen wir uns die Sache durch die 51. Fig. anschaulich machen, wobey ich aber zum Voraus erinnere, daß sie nicht etwa die Größen der Winkel und so auch der Abweichung in dem Verhältnisse darstellen kann, wie es wirklich in der Natur ist: denn in der Zeichnung müßen, um nicht undeutlich zu werden, die Winkel viel größer seyn, als in der Natur.

Es sey also Fig. 51 ACB eine convexe Glaslinse, wie das Objectivglas eines Fernrohrs. Von einem Puncte P, (den wir hier der Kürze wegen sogleich für unendlich weit annehmen, weil doch beym Fernrohr immer nur von sehr entfernten Gegenständen die Rede ist) von einem solchen Puncte P fallen Strahlen PA, PC, PB parallel miteinander auf die Linse. Der mittelste PC geht ungebrochen, also auch ungespalten durch. Die übrigen aber werden in Farben zerstreut. Die am meisten brechbaren violetten Strahlen werden sich schon in D, die mittleren grünen in F,

die

die am wenigsten brechbaren rothen in E vereigen. So entstehet denn vom Puncte P nicht ein einziges, sondern eine ganze Reihe von Bildern von D bis E und wenn man in F das Bild auffieng, so würden die Strahlen hier eine farbige Kreisfläche bilden, deren Halbmesser FG wäre. Es ist klar, daß folglich von jedem Puncte eines Gegenstandes ein ähnlicher Kreis in der Gegend von F entstände, und daß mithin das Bild des ganzen Gegenstandes undeutlich und farbig begränzt erscheinen müße.

Die Entfernung der Vereinigungspuncte der äußersten Strahlen von denen der mittleren, also DF oder EF, nennt man die Längenabweichung; den Halbmesser des vorhin erwähnten farbigen Kreises FG oder FH die Seitenabweichung wegen der ungleichen Brechbarkeit. Es wird der Mühe werth seyn zu untersuchen, wie viel diese beyden Abweichungen betragen.

60.

Fortsetzung.

Zu dem Ende müssen wir uns nun um genauere Kenntniß des Brechungsverhältnisses des verschiedenfarbigen Lichtes bemühen, und hier hat uns Newton, wie in so vielen andern Lehren, die Gesetze der Natur enthüllet.

Er

Er fand, daß, wenn ein Lichtstrahl aus Glas in Luft fährt und der Sinus des Einfallswinkels im Glase in 1000 Theile getheilt wird, der Sinus des Brechungswinkels in der Luft bey den verschiedenen Farbenstrahlen folgende Größe hat:

bey	dem	rothen	Strahl	1540	bis	1542
—	—	orangen	—	1542	—	1544
—	—	gelben	—	1544	—	1546
—	—	grünen	—	1546	—	1550
—	—	blauen	—	1550	—	1553
—	—	Indigo	—	1553	—	1555
—	—	violetten	—	1555	—	1560

Wir können also mit Weglassung der letzten Ziffer das Brechungsverhältniß der äußersten und mittlern Strahlen so nehmen

bey dem äußersten rothen $= 1{,}54 : 1$
bey dem mittlern grünen $= 1{,}55 : 1$
bey dem äußersten violetten $= 1{,}56 : 1$

Nun war oben die Brennweite für das Brechungsverhältniß $m : n$ so gefunden: wenn p die Brennweite, r und ϱ die Halbmesser der Krümmung der beyden Glasflächen bedeutet, so ist

$$p = \frac{n\,r\,\varrho}{(m-n)\,(r+\varrho)}$$

oder wenn, wie wir hier gethan haben, $n = 1$ gesetzt wird

$$p = \frac{r\,\varrho}{(m-r)\,(r+\varrho)}$$

Da

Da nun r und ϱ immer dieselben bey einem und ebendemselben Glase bleiben, so verhält sich die Brennweite für die verschiedenen Farbenstrahlen wie $\frac{1}{m-1}$. Also wenn man für m die oben angegebenen Zahlen nimmt, so verhält sich die Brennweite der rothen, grünen, violetten

$$\text{wie } \frac{1}{0{,}54} : \frac{1}{0{,}55} : \frac{1}{0{,}56}$$

oder wenn man die Brennweite der mittlern grünen zu 1 annimmt, indem man obige Brüche mit 0,55 multiplicirt — wie $\frac{0{,}55}{0{,}54} : 1 : \frac{0{,}55}{0{,}56}$

$$\text{oder wie } \frac{55}{54} : 1 : \frac{55}{56}$$

oder wenn man der bequemeren Vergleichung wegen, die beyden Brüche auf einerley Nenner 55 bringt

$$\text{wie } \frac{56{,}0185}{55} : 1 : \frac{54{,}0178}{55}$$

oder wenn man die Ziffern hinter dem Comma in den Zählern als unbedeutend wegläßt

$$\text{wie } \frac{56}{55} : 1 : \frac{54}{55}$$

$$\text{oder wie } 1 + \frac{1}{55} : 1 : 1 - \frac{1}{55}$$

Also in der Figur 51 ist CF die Brennweite für die mittlern grünen (etwas ins blaue fallenden) Strahlen $= 1$

und CE die Brennweite der rothen Strahlen ist um FE $= \frac{1}{55}$ CF größer als CF

und CD die Brennweite der violetten Strahlen ist um FD $= \frac{1}{55}$ CF kleiner als CF.

Die Längenabweichung beträgt ohne bedeutenden Fehler auf beyden Seiten gleich viel, nämlich

nämlich $\frac{1}{55}$ der Brennweite der mittlern Strahlen.

Die Seitenabweichung FG oder FH zu finden, hat man wegen Aehnlichkeit der Dreyecke

$$EC : EF = CA : FG$$

das ist $1 + \frac{1}{55} : \frac{1}{55} = CA : FG$

also kann man auch ohne bedeutenden Fehler $FG = \frac{1}{55}$ CA setzen.

Die Seitenabweichung beträgt also ohne bedeutenden Fehler auf beyden Seiten der Achse $\frac{1}{55}$ des Halbmessers der Apertur des Glases.

Die wirkliche Größe des farbigen Kreises, der von jedem Puncte des Gegenstandes durch das Objectivglas gemacht wird, richtet sich folglich nach der Größe der Oeffnung dieses Glases. Ist der Halbmesser der Apertur CA = 1 Zoll, so ist der Halbmesser des Farbenkreises $FG = \frac{1}{55}$ Zoll ungefähr.

Die scheinbare Größe aber richtet sich nach der Brennweite des Augenglases I. Die 51. Fig. zeigt nämlich ganz deutlich, daß, wenn der Brennpunct des Oculars in F ist, wo die mittleren Strahlen die Achse schneiden, diese mittlern Strahlen alsdann nach der Brechung im Ocular parallel ins Auge kommen und von der Hornhaut und Crystallinse KL in O auf der Netzhaut vereinigt werden; die rothen aber, welche von E ausgehen, divergirend ins Auge kommen und sich erst in R hinter der Netzhaut vereinigen würden,

den, mithin einen rothen Kreis auf der Netzhaut machen; die violetten hingegen convergirend auf die Hornhaut fallen und sich schon vor der Netzhaut in V vereinigen, folglich einen violetten Kreis auf der Netzhaut machen. Je stärker nun das Ocular bricht, das heißt, je kleiner seine Brennweite, oder je converer es ist, desto größer wird auch diese Abweichung im Auge seyn.

Oder man kann sich die Sache auch so vorstellen. Der Halbmesser des farbigen Kreises FG wird unter dem Sehewinkel FIG gesehen; dieser ist desto größer, je kleiner die Brennweite des Oculars IF ist.

Die Größe der Undeutlichkeit verhält sich also gerade wie der Halbmesser der Oeffnung des Objectivglases R, und umgekehrt wie die Brennweite des Augenglases f, oder sie verhält sich wie $\frac{R}{f}$, oder wenn man die Fläche des Farbenkreises ausdrücken will, wie $\frac{R^2}{f^2}$.

61.

Abmessungen der Fernröhre.

Wir thun jetzt einen Rückblick auf den 52. Abschnitt, um uns zu erinnern, was uns zu den obigen Betrachtungen, bey denen wir uns ihrer Wichtig-

tigkeit wegen etwas lange verweilt haben, veranlaßte. Es war die Frage: Warum man denn nicht mit jedem Fernrohre auch von geringer Länge jede beliebige Vergrößerung erhalten könne. Meine Leser werden jetzt einsehen, warum dies nicht angehe.

Soll nämlich die Vergrößerung stark seyn, so muß die Brennweite f des Oculars klein in Vergleichung mit der Brennweite F des Objectivs seyn.

Soll das Fernrohr nun nicht sehr lang seyn, also des Objectivs Brennweite F nicht gar groß seyn, so wird folglich f sehr klein seyn, also der farbige Kreis wird unter einem großen Sehewinkel gesehen und auf der Netzhaut sich weit verbreiten.

Sollte dies nun nicht gar zu viel betragen, so müßte die wirkliche Größe des farbigen Kreises im Fernrohre, also die Apertur des Objectivs sehr klein seyn; aber dann würde wiederum die Helligkeit gar sehr vermindert.

So hängt alles dies zusammen.

Soll also das Fernrohr stark vergrößern, und doch Helligkeit und eine geringe Undeutlichkeit geben, so muß es sehr lang seyn.

Bey welchem Verhältniß der hierbey vorkommenden Größen ein Fernrohr die beste Wirkung thue, das heißt, die stärkste Vergrößerung bey größter Helligkeit und mindester Undeutlichkeit gebe, dies muß man durch Versuche ausmachen. Diese haben Huygens, Tobias Mayer, und

Andere sorgfältig angestellt. Hat man nun durch Erfahrung die besten Verhältnisse herausgefunden, so kann man jedes andere Fernrohr darnach beurtheilen und einrichten. Noch ein Paar Erläuterungen hierüber werden nicht unnütz seyn.

Wir fanden am Ende des 51. Abschnitts, daß sich die Helligkeit verhalte wie $\frac{R^2 f^2}{F^2}$.

Und im 60sten Abschnitte, S. 208, daß sich der Grad der Undeutlichkeit wegen der Farbenzerstreuung verhalte wie $\frac{R^2}{f^2}$.

Bey Fernröhren von gleicher Helligkeit und Deutlichkeit müssen also diese beyden Ausdrücke $\frac{R^2 f^2}{F^2}$ und $\frac{R^2}{f^2}$, folglich auch ihre Wurzeln $\frac{Rf}{F}$ und $\frac{R}{f}$, so auch das Product derselben $\frac{R^2 f}{Ff}$ oder $\frac{R^2}{F}$, denselben Werth behalten.

Dies führt zu einigen interessanten Vergleichungen zwischen den Abmessungen zweyer Fernröhre von gleicher Helligkeit und Deutlichkeit.

Die hier vorkommenden Abmessungen, nämlich die beyden Brennweiten des Objectivs und des Oculars und den Halbmesser der Apertur des Objectivs wollen wir, mehrerer Deutlichkeit wegen, für zwey solche Fernröhre mit zweyerley Buchstaben bezeichnen; für das erste Fernrohr mit den

latei-

lateinischen Buchstaben R, F, f, für das zweyte mit den deutschen $\mathfrak{R}$, $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{f}$.

Es muß also erstlich wegen der vorausgesetzten gleichen Helligkeit der beyden Fernröhre

$$\frac{R^2 f^2}{F^2} = \frac{\mathfrak{R}^2 \mathfrak{f}^2}{\mathfrak{F}^2} \text{ oder } \frac{Rf}{F} = \frac{\mathfrak{R}\mathfrak{f}}{\mathfrak{F}}$$

genommen werden. Hieraus folgt aber auch

$$\frac{\mathfrak{R}\,\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}} = \frac{\mathfrak{R}\,F}{f}$$

Und hieraus die Proportion

$$R : \mathfrak{R} = \frac{F}{f} : \frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}}$$

welche in Worte übersetzt so heißt:

Bey Fernröhren von gleicher Helligkeit müssen sich die Halbmesser, oder auch die Durchmesser der Apertur des Vorderglases verhalten wie die Vergrößerung.

Zweytens: wegen vorausgesetzter gleicher Deutlichkeit muß

$$\frac{R^2}{f^2} = \frac{\mathfrak{R}^2}{\mathfrak{f}^2} \text{ oder } \frac{R}{f} = \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{f}}$$

genommen werden. Hieraus folgt

$$f : \mathfrak{f} = R : \mathfrak{R}$$

oder weil wir so eben gesehen haben, daß sich für gleiche Helligkeit R zu $\mathfrak{R}$ wie $\frac{F}{f}$ zu $\frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}}$ verhalten müsse, so folgt

$$f : \mathfrak{f} = \frac{F}{f} : \frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}}$$

 das

das heißt: Bey gleicher Helligkeit und Deutlichkeit müssen sich die Brennweiten des Oculars wie die Vergrößerung verhalten.

Drittens muß bey gleicher Helligkeit und Deutlichkeit $\frac{R^2}{F} = \frac{\mathfrak{R}^2}{\mathfrak{F}}$ seyn, folglich $F : \mathfrak{F} = R^2 : \mathfrak{R}^2$, oder weil nach Obigem $R : \mathfrak{R} = \frac{F}{f} : \frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}}$, auch $F : \mathfrak{F} = \frac{F^2}{f^2} : \frac{\mathfrak{F}^2}{\mathfrak{f}^2}$; das heißt:

In zwey Fernröhren von gleicher Helligkeit und Deutlichkeit müssen sich die Brennweiten des Objectivs verhalten, wie die Quadrate der Vergrößerung, oder die Vergrößerung, wie die Quadratwurzeln aus der Brennweite des Objectivs.

Ferner folgt sogleich aus dem Vorhergehenden, daß die Brennweite des Oculars sich wie der Durchmesser der Apertur des Objectivs, beyde nämlich wie die Quadratwurzel aus der Brennweite des Objectivs verhalten müsse.

62.

62.

Fortsetzung.

Es erhellt hieraus, daß zu starken Vergrößerungen ungemein lange Fernröhre nöthig waren, so lange man keine Mittel kannte, die Abweichung wegen Farbenzerstreuung zu heben. Denn da die Brennweiten des Objectivs sich wie die Quadrate der Vergrößerung verhalten, und die Länge des Fernrohrs sich vorzüglich nach der Brennweite des Objectivs richtet, so muß z. B. ein Fernrohr, welches viermal mehr vergrößern soll, ungefähr sechszehnmal länger seyn.

Wenn man ein als gut befundenes Fernrohr zum Muster annimmt, so kann man den obigen Sätzen die Abmessungen jedes andern Fernrohrs darnach bestimmen. So fand Huygens bey einem großen Fernrohre, dessen Objectiv eine Brennweite von 30 Fuß oder 360 rheinländischen Zollen hatte, daß es die beste Wirkung that, wenn die Apertur 3 Zoll im Durchmesser und das Ocular $3\frac{3}{10}$ Zoll Brennweite hatte. Bey diesem Fernrohre wäre also

$$R = \frac{1\frac{1}{2}}{3\frac{3}{10}} = \frac{15}{33} = \frac{5}{11} \text{ und } f = \frac{11}{5} R$$

oder wenn wir den Durchmesser der Apertur D nennen, $f = \frac{11}{10}$ D oder 1, 1 D; das heißt, die Brennweite des Oculars muß in jedem Fernrohre, was

was diesem an Helligkeit und Deutlichkeit gleich kommen soll, um $\frac{1}{10}$ größer als der Durchmesser der Apertur des Objectivglases seyn.

Und wie groß diese Apertur zu nehmen sey in Rücksicht der Brennweite, dies ergiebt sich aus dem andern Ausdrucke $\frac{R^2}{F}$, wo $R = \frac{3}{2}$, also $R^2 = \frac{9}{4}$ und $F = 360$ ist. Also $\frac{R^2}{F} = \frac{9}{4.360} = \frac{1}{4.40}$, also $R^2 = \frac{1}{160} F$ oder $D^2 = \frac{1}{40} F$ und folglich $D \sqrt{\frac{1}{40} F}$.

So hat man nun eine Regel, nach der man für ein beliebiges Objectivglas von bekannter Brennweite die übrigen Dimensionen des Fernrohrs finden kann; nämlich

Man dividire die Brennweite des Objectivglases in rheinländischen Zollen mit 40, ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel, so hat man den Durchmesser der Apertur.

Dazu nehme man ein Ocular, dessen Brennweite um ein Zehntel mehr als diese Apertur beträgt.

Zum Exempel: Man hätte ein Objectivglas zu einem gewöhnlichen mäßig langen Fernrohre. Die Brennweite mag 2 Fuß oder 24 Zoll betragen, so würde man nach der Huygenschen Vorschrift die Apertur $= \sqrt{\frac{24}{40}} = \sqrt{0{,}6}$, also etwa

$\frac{77}{100}$

$\frac{77}{100}$ Zoll machen können, und die Brennweite des Oculars müßte 0,77 + 0,07 = 0,84 seyn.

Ich darf wohl nicht befürchten, meine Leser zu ermüden, wenn ich hier noch eine andere Anordnung beyfüge, welche unser großer Tobias Mayer für ein gutes Keplersches Fernrohr empfiehlt.

Die Vergrößerung fällt bey dieser zwar etwas geringer aus, als bey der vorigen von Huygens, dagegen aber wird die Abweichung um die Hälfte kleiner, also die Deutlichkeit größer und die Helligkeit ebenfalls viel größer. Mayer nimmt nämlich die Brennweite des Oculars größer und die Apertur des Objectivs etwas kleiner als Huygens; nämlich bey derselben Brennweite des Objectivs von 30 Fuß oder 360 Zoll nimmt Mayer die Apertur 2,6 Zoll und die Brennweite des Oculars 5,77 Zoll.

Also $\frac{R}{f} = \frac{1,30}{5,77}$ folglich

$$f = \frac{5,77}{1,30} R = \frac{5,77}{2,60} D = 2,219 D$$

Und $\frac{R^2}{F} = \frac{1,69}{360}$

Folglich $R^2 = \frac{1,69}{360} F$ oder

$$D^2 = \frac{1,69}{90} F = \frac{0,169}{9} F = 0,0187 F$$

$$D = \sqrt{0,0187 F}$$

Wen-

Wenden wir dieses auf unser obiges Exempel an, wo wir ein Objectiv von 24 Zoll Brennweite hatten, so ergiebt sich daraus folgende Anordnung des Fernrohrs:

Brennweite d. Objectivs F = 24″

Durchmesser d. Apertur $D = \sqrt{0,0187\,F} = 0'',67$ beynahe

Brennweite des Oculars = 2,219 $D = 1'',48$ *).

Auf ähnliche Art kann man nun für jedes beliebige Objectivglas die Rechnung anstellen.

63.

Große Fernröhre.

Da zu Entdeckungen am Himmel so starke Vergrößerungen nothwendig sind, und man diese mit einfachen Objectivgläsern nur durch sehr große Brennweiten dieser Gläser erreichen kann, so gab man sich viele Mühe, Gläser von solcher flachen Krümmung zu schleifen. Im 17. Jahrhundert machten sich insbesondere ein Paar Italienische Künstler, Eustachius zu Rom und Campani in Bologna, dadurch berühmt; besonders werden die Gläser des Campani sehr geschätzt. Sie hatten 60, 100 bis 140 Fuß Brennweite; Huygens

*) Mayer hat die Brennweiten des Augenglases noch etwas größer, nämlich = 1,52.

gens brachte es bis zu 210 Fuß und Auzout und Hartsoeker trieben es sogar bis zu 600 Fuß. Man denke sich ein Linsenglas von 600 Fuß Brennweite, wie äußerst wenig gekrümmt muß es seyn! und welche Schwierigkeiten muß es machen, ein solches Glas richtig zu schleifen!

Aber wenn sie auch wirklich vollkommen geschliffen waren, so traten Schwierigkeiten von ganz anderer Art ein, denn man denke sich ein ungeheures Rohr von hundert und selbst mehreren hundert Fußen in der Länge, welche Maschinerie gehörte nicht dazu, sie aufzustellen, zu bewegen, selbst schon sie nur vor dem Verbiegen durch ihr eignes Gewicht zu schützen!

Man mußte große Stangen aufrichten, woran sie vermittelst Flaschenzügen aufgehängt wurden, man mußte die Röhren selbst mit Streben nach Art der Hängewerke in der Baukunst versehen, und doch reichte das nicht für die größten Gläser zu. Huygens gab zwar ein sinnreiches Mittel an, die Objectiv- und Oculargläser jedes besonders in eine kurze Röhre zu fassen, und übrigens das lange Rohr ganz wegzulassen; allein die Schwierigkeiten wurden dadurch nicht sehr vermindert, oder es traten neue Unbequemlichkeiten an deren Stelle. Das kurze Rohr mit dem Objectivglase mußte oben an eine Stange oder an einen Thurm befestigt werden, so daß es vermittelst einer Nuß (Kugelgelenk) nach allen Richtungen beweglich war. Das Ocular mußte nun

der

der Stellung des Objectivs gemäß seine Lage verändern. Die Achsen beyder Gläser gehörig zusammen zu halten, mußte nothwendig schwierig seyn, und die Bewegung war sehr eingeschränkt. Auch hatte das Weglassen der Röhren den Nachtheil, daß das fremde Licht nicht abgehalten wurde, wiewohl dies bey Nacht wenig zu bedeuten hat. Die ganz großen Gläser von Auzout und Hartsoeker, welche eine Brennweite von 600 Fuß hatten, würden auch selbst mit dieser Vorrichtung ohne Röhren schwerlich zu gebrauchen seyn.

In neueren Zeiten hat man Mittel entdeckt, mit Instrumenten von geringerer Größe mehr zu thun.

Dies ist der große Vorzug, den unsere neuen sowohl Seheinstrumente als Meßinstrumente vor den ältern voraus haben; sie thun bey geringerer Größe mehr als die alten.

Unsere neueren Fernröhre von 60 Zoll thun mehr als die alten von 60 Fuß. Unsere Sextanten und Kreise von wenigen Zollen Halbmesser geben die Winkel genauer, als alte Werkzeuge von mehrern Fußen.

Ich muß meinen jungen Lesern von diesen neueren Werkzeugen noch einige Kenntniß geben; nur vorher noch ein Paar Worte von dem Erdfernrohre, denn wir sprachen bis jetzt nur von dem astronomischen.

64.

Erdfernröhre.

Das Galiläische Fernrohr, welches wir anfangs beschrieben haben, ist ein Erdfernrohr, wenn man jedes Fernrohr so nennen will, welches die Gegenstände aufrecht zeigt. Das Sternrohr zeigt sie umgekehrt, aber durch Hinzusetzung von noch zwey convexen Gläsern im Ocularrohre wird es gleichsam ein doppeltes astronomisches, und zeigt die Gegenstände aufrecht. Ein solches nennt man nun eigentlich ein Erdfernrohr. Diese Zusammensetzung fand zuerst der Pater de Rheita: sie ist in der 52sten Figur dargestellt. A ist das Objectivglas, B, C, D die drey Ocullargläser. Das Objectivglas macht ein umgekehrtes Bild in a. Anstatt daß nun in b das Auge beym astronomischen Fernrohre stehet, so fallen die Strahlen hier auf das zweyte Ocular, und zwar parallel auf, weil sie aus dem Brennpuncte des ersten Oculars herkommen. Sie machen daher im Brennpuncte des zweyten Oculars ein zweytes und zwar aufrechtstehendes Bild in c. Das dritte Ocular D ist so gestellt, daß sein Brennpunct ebenfalls in c liegt; daher gehen die Strahlen hinter demselben parallel aus und fallen so auf das Auge, welches daher das Bild deutlich empfindet. Die beyden vorderen Gläser tragen zur Vergrößerung gewöhnlich

nichts

nichts bey, daher diese gerade so wie bey dem astronomischen Fernrohre zu beurtheilen ist.

Man kann auch in die Ocularröhre mehr als drey Gläser einsetzen, um die Abweichung zu vermindern und das Gesichtsfeld zu vergrößern. Dollond der ältere machte schon vor den neueren Verbesserungen der Objectivgläser Fernröhre, welche die älteren an Deutlichkeit und Gesichtsfeld übertrafen, dadurch daß er sechs Ocularglåser darin anbrachte. Auch bey astronomischen Fernröhren kann man mit Vortheil zwey Augengläser anbringen; indessen ist es bey dem Erdfernrohre doch noch nöthiger, weil es ohnehin weniger Deutlichkeit und Helligkeit hat als das astronomische. Durch das Erdfernrohr sieht man nur das zweyte Bild, und dieses ist immer schon nicht so rein, als das erste ursprünglich vom Objectivglase gemachte, welches man im Sternrohre sieht. Das einfachste ist auch hier das beste. Der Astronom bedient sich daher lieber des Sternrohrs, obgleich es umkehrt, welches für Beobachtungen am Himmel gar keine Unbequemlichkeit hat.

Auch bloß durch Hinzufügung eines einzigen Glases kann man das Sternrohr zum Erdfernrohre machen, wie schon Kepler angegeben hat; jedoch ist dieses nicht so gut, als die Zusammensetzung des gewöhnlichen nach Rheita's Angabe.

So

So kann man auch dem Sternrohre drey Oculare geben, ohne daß es deshalb zum Erdfernrohre wird; allein es würde uns zu weit führen, wenn wir alle diese Combinationen von Gläsern und ihren Nutzen hier ausführlich darstellen wollten. Also nur noch einige Erläuterungen über die wichtigsten Verbesserungen, welche die Fernröhre in neueren Zeiten erhalten haben, nämlich durch die zusammengesetzten Objectivgläser aus verschiedenen Glasarten.

65.

Farben im Auge.

Das schlimmste Hinderniß, welches sich starken Vergrößerungen entgegen stellt, ist, wie meine Leser aus dem Obigen wissen, die Farbenzerstreuung. Diese aus dem Wege zu räumen, war daher längst der Wunsch der Optiker. Im Jahr 1662 hatte Robert Hook (so viel ich weiß zuerst) den Gedanken, die Objectivgläser aus verschiedenen Materien zusammen zu setzen, und Gregory äußerte bald nachher eben dasselbe u. unterstützte seinen Vorschlag dadurch, daß im menschlichen Auge farbenlose Bilder hervorgebracht würden, welches ohne Zweifel durch Zusammensetzung der verschiedenen Feuchtigkeiten geschehe. Dieser Gedanke, den man meistens Eulern zuschreibt, gehört also eigentlich dem

Gre-

Gregory; übrigens ist er als Veranlassung zu der schönen Erfindung achromatischer Gläser zwar von großem Werthe in Rücksicht der Folgen gewesen, sonst aber fehlt es ihm an Richtigkeit in doppelter Hinsicht, sowohl der Theorie als der Erfahrung. Denn es läßt sich zeigen, wie dies Mackelyne gethan hat, daß die Zusammensetzung der Feuchtigkeiten im Auge vielmehr die Zerstreuung in Farben befördern und vergrößern müsse, wenn nicht andere Umstände, die wir noch nicht kennen, als chemische Beschaffenheit der Materien, ungleichförmige Dichtigkeit der Crystalllinse oder dgl. dieselbe verhinderten. Und in Hinsicht der Erfahrung könnte ich meine eigene dagegen anführen, vermöge deren ich überzeugt bin, daß das Auge wirklich gar nicht achromatisch ist, in dem Sinne, wie Gregory und Euler es nehmen. Das heißt: mit ganz offenem Auge sehe ich zwar, wie alle übrige gesunde Menschen, keine Farben, aber wenn ich das Auge gegen das Fenster gerichtet entweder von oben durch das Augenlied, oder auch von unten von der linken oder von der rechten Seite halb verdecke, so zeigen sich an den Fenstersprossen ganz offenbar farbige Ränder, wie durch das Prisma, nur freylich viel schmäler und feiner. Meine Augen sehen zwar nicht weit in die Ferne, sonst aber sind sie gar nicht etwa in einem krankhaften Zustande. Einige auch nicht kurzsichtige Personen, denen ich diese, so viel ich

weiß,

weiß, neue Bemerkung mittheilte, versicherten, dasselbe zu sehen. Daß es unbemerkt geblieben ist, würde mich wundern, wenn ich nicht eben aus meiner eigenen Erfahrung wüßte, wie leicht man so etwas unbeachtet lassen kann; denn ich selbst habe es erst vor ein Paar Jahren zuerst beobachtet. Vielen wollte die Beobachtung nicht gelingen, wie ich glaube, nur aus zufälligen Ursachen; erstens, weil die farbigen Ränder wirklich sehr fein und nicht sonderlich auffallend sind; zweytens, weil eine ziemliche Oeffnung der Pupille dazu gehört, daher man das Phänomen nicht so gut sieht, wenn das Auge vorher schon im Hellen gewesen ist, als wenn es aus dem Dunkeln kömmt, und aus eben dem Grunde besser im Hintergrunde des Zimmers, als nahe am Fenster. Fast nur an Fenstersprossen, wenigstens da am besten, läßt es sich bemerken. Verdeckt man das Auge durch das obere Augenlied, so hat die Sprosse unten den gelbrothen, oben den blauvioletten Rand. Wenn nämlich die obere Hälfte der Hornhaut durch das obere Augenlied geblendet ist, so wirkt die untere Hälfte der wässerigen Feuchtigkeit und der Crystalllinse gerade so wie ein Prisma, dessen brechender Winkel nach unten gekehrt vor das Auge gehalten wird *). — Doch wir kehren zu den achromatischen Gläsern zurück.

66.

*) Meine Anfangsgründe der Mathematik, II. Thl. S. 175, und im 6. Theile dieses Physikal. Kinderfr. S. 264.

66.

Erfindung der achromatischen Fernröhre.

Der große Newton glaubte durch Zusammensetzung der Objectivgläser aus verschiedenen durchsichtigen Mitteln würde sich zwar wohl Abweichung wegen der sphärischen Figur der Gläser, aber nicht die wegen der Farbenzerstreuung heben lassen. Er schloß dieses aus der unrichtigen Voraussetzung, daß wenn ein durchsichtiges Mittel die Strahlen stärker breche, es auch in demselben Verhältniß stärker zerstreue, und umgekehrt, wenn es stärker zerstreue, auch in eben dem Verhältniß stärker breche, und daß der Strahl nach der Brechung nur dann farbenlos sey, wenn er dem einfallenden parallel, immer aber in Farben gespalten, wenn er nicht mit dem einfallenden parallel wäre. Dieser Satz würde, wenn er richtig wäre, alle Hoffnung, farbenfreye Gläser zu Fernröhren zu erhalten, gänzlich vernichten; denn diese Gläser müssen Bilder von dem vorliegenden Gegenstande machen, Strahlen von einem Puncte müssen sich wieder in einen Punct vereinigen, und es kann unmöglich ein Bild entstehen, wenn der ausfahrende Strahl dem einfallenden parallel ist.

Aber Newton hatte sich hier geirrt, und wahrscheinlich bey seinen sonst äußerst sorgfältigen Versuchen die Farben nur nicht bemerkt, welche selbst

selbst bey dem mit dem einfallenden parallel ausfahrenden Strahl Statt finden können. Der Irrthum hatte die Folge, daß, weil man sich auf einen so genauen Beobachter und einsichtsvollen Kenner verließ die Versuche zur Vervollkommnung der dioptrischen Fernröhre ganz bey Seite gesetzt wurden, und Newton selbst die Sache gänzlich aufgab.

Euler glaubte wie Gregory, daß die Einrichtung des menschlichen Auges ein Beweis sey, die Farbenzerstreuung lasse sich durch Zusammensetzung verschiedener durchsichtiger Materien aufheben. Obgleich dies nun im Auge der Menschen und Thiere wenigstens nicht in dem Sinne und in dem Maaße der Fall ist, wie Euler und nach ihm Andere geglaubt und behauptet haben, so weckte doch diese von Eulern wieder vorgebrachte Gregorysche Idee die Optiker wieder zu neuen Versuchen und Untersuchungen. John Dollond wollte die Eulerschen Berechnungen anfangs nicht für richtig anerkennen, weil er fest auf Newtons Versuche baute. Als aber Klingenstierna zeigte, daß Newton sich nothwendig geirrt haben müsse, so machte Dollond neue eigne Versuche mit Glasprismen im Wasser, die ihn von der Möglichkeit farbenloser Zusammensetzungen der Gläser überzeugten. Er fand nämlich, daß sich die Gegenstände durch Glas und Wasser gesehen farbenlos zeigten, obgleich der Strahl wirklich gebrochen war, und umgekehrt, daß sie Farben zeig-

zeigten, wenn auch der ausfahrende Strahl die Richtung des einfallenden hatte. Dollond machte nun sogleich die Anwendung hiervon auf achromatische Objectivgläser, und brachte dadurch in kurzer Zeit die dioptrischen Fernröhre auf einen hohen Grad der Vollkommenheit. Er setzte seine Objectivgläser anfangs (1755) aus zwey Gläsern, einem convexen aus Kronglase und einem concaven aus Flintglase zusammen, wovon aber das erstere begreiflich eine stärkere Krümmung, das heißt, einen kleineren Halbmesser haben mußte als letzteres, weil das ganze als Sammlungsglas wirken soll. Das Flintglas zerstreut die Strahlen stärker als das Kronglas, daher konnte die concave Linse von Flintglas ungeachtet ihrer schwächeren Krümmung doch die durch das convexe Kronglas bewirkte Zerstreuung aufheben. Er selbst, der ältere John Dollond, setzte aber auch in der Folge (1758) Objectivgläser aus drey Gläsern, aus zwey convexen von Kronglas und einem zwischen beyde gesetzten concaven von Flintglas zusammen, die noch mehr von Farbenzerstreuung befreyt sind, und also bey noch geringerer Brennweite eine starke Vergrößerung, das heißt, eine sehr geringe Entfernung des Oculars vom Bilde vertragen. Dergleichen Fernröhre sind nun in neuern Zeiten von englischen Künstlern, z. B. von dem jüngern Peter Dollond, von Ramsden, Berge, Lincoln u. a. in großer Menge und in großer Vollkommenheit gemacht worden. Außer England

land haben auch Künstler in Deutschland, Frankreich u. s. w. achromatische Fernröhre gemacht, nur ist das Flintglas bis jetzt noch am besten in den englischen Glashütten verfertigt worden. Die alten ungeheuer langen Fernröhre mit ihren schwerfälligen Maschinerien sind nun fast ganz abgekommen, denn wer wird nicht lieber mit einem Fernrohre von 4 Fuß beobachten, welches ihm dieselben Dienste thut, als mit einem von 100 Fuß.

67.

Theorie der achromatischen Fernröhre.

Obgleich eine vollständige Theorie und Berechnung dieser vortreflichen Werkzeuge hier nicht unsere Absicht seyn kann, so müssen wir doch wenigstens das Allgemeine derselben erläutern. Eine bloß historische Kenntniß wäre gar zu unbefriedigend, und gewiß werden meine jungen Leser selbst wünschen, die Möglichkeit der Sache einigermaßen einzusehen und das, hoffe ich, soll denn auch nicht so gar schwer seyn. Wir wollen dazu die 53. und 54. Figur zu Hülfe nehmen.

Die 53. Fig. zeigt zuvörderst die Wirkung eines aus zwey Gläsern zusammengesetzten Objectivs, in Rücksicht der Vereinigung der von ent-

entfernten Puncten herkommenden Strahlen überhaupt.

Das Glas muß so zusammengesetzt werden, daß es ein Sammlungsglas bleibt, und muß aus einem Convex- und einem Concavglase bestehen, damit dieses die Strahlen nach entgegesetzter Richtung zerstreue, um die Farben wegzuschaffen. Es sey nun G der Brennpunct des Convexglases. Die Strahlen, welche von einem sehr entfernten Puncte in der Achse herkommen, fallen so auf das Concavglas, daß sie verlängert nach G gehen würden. Wäre nun der geometrische Brennpunct des Concavglases ebenfalls in G, so würden die Strahlen hinter diesem Glase parallel mit der Achse fortgehen, also kein Bild des Punctes machen, von dem sie ausgiengen. Da dies aber bey einem Objectivglase der eigentliche Zweck ist, so muß das Concavglas weniger gekrümmt seyn, oder eine größere Brennweite haben. Der geometrische Brennpunct desselben sey also in F. Nun werden die Strahlen (da sie nach einem näheren Puncte, als der geometrische Brennpunct, convergirend einfallen) die Achse irgendwo zum Beyspiel in K schneiden und daselbst ein Bild des Punctes machen.

Ich nenne die Brennweite des Convexglases = g, des Concavglases = f, des aus beyden zusammengesetzten Objectivs = v; so ist nach oben bewiesenen Sätzen $v = \frac{f\,g}{f - g}$

Wo

Wo nun der Brennpunct des zusammengesetzten Objectivs V hinfällt, ob in den geometrischen Brennpunct F des Concavglases selbst, oder vor, oder hinter demselben, das heißt, ob v gleich f, oder kleiner als f oder größer als f ist, das kommt darauf an, ob der Nenner f — g gleich g oder größer als g oder kleiner als g ist; oder welches dasselbe sagt, ob f gleich 2 g, oder größer als 2 g, oder kleiner als 2 g ist.

Letzteres, (daß nämlich die geometrische Brennweite des Concavglases zwar größer als die Brennweite des Convexglases, aber kleiner als letztere doppelt genommen ist) dieses ist bey den achromatischen Objectiven der Fall; daher also hier die Brennweite des zusammengesetzten Objectivs größer ist, als die geometrische Brennweite des concaven Glases.

Wie nun die Farbenzerstreuung gehoben werde, wollen wir an der 54sten Figur sehen, wobey wir vorläufig bemerken, daß die Entfernung der beyden Gläser von einander und die Winkel, unter denen die Farbenstrahlen divergiren, der Deutlichkeit wegen, nicht ganz verhältnißmäßig können dargestellt werden.

Es sey also PD ein einfallender Strahl. Dieser, weil er am Rande der Convexlinse ziemlich schief auffällt, wird in derselben gespalten, so daß der rothe Strahl Dr am wenigsten, der mittlere grüne Dg mehr, und der violette Dv am meisten gebrochen wird. Die genannten Strahlen wür-

würden sich verlängert in R, G, V mit der Achse schneiden.

Soll nun das concave Glas diese Strahlen zusammen bringen, daß wieder ungefärbtes weißes Licht daraus wird; so muß es von einer Glasmasse seyn, welche die Eigenschaft hat, daß sie bey gleicher mittlerer Brechungskraft die Strahlen stärker zerstreuet, als die Masse, von welcher das convexe Glas geschliffen ist.

Das Converglas hatte den violetten Strahl BV um den Winkel VBG stärker nach der Achse zu gebrochen, als den grünen BG.

Das Concavglas muß nun, damit beyde wieder in K zusammen kommen, den violetten ebenfalls um diesen Winkel von der Achse wegbrechen; nämlich es bricht den grünen um den Winkel GBK, den violetten muß es aber um den Winkel VBK brechen, welcher um VBG mehr beträgt.

Das Converglas hatte den rothen Strahl BR um den Winkel RBG weniger zur Achse gebrochen, als den grünen BG.

Das Concavglas muß nun, damit beyde in K zusammen kommen, ebenfalls den rothen Strahl um diesen Winkel weniger von der Achse wegbrechen; nämlich RBK muß um RBG weniger betragen, als GBK.

Da nun das Concavglas eine größere Brennweite d. h. eine flächere Krümmung hat, also alle

Strah-

Strahlen überhaupt um geringere Winkel bricht, als das Converglas; so würde es, wenn es mit diesem einerley Masse und Zerstreuungskraft hätte, und den rothen Strahl nach BK bräche, den grünen und violetten nicht so weit hinaufbringen können. Es muß also von stärkerer Zerstreuungskraft seyn, damit es bey flächerer Krümmung doch eine eben so starke Zerstreuung nach entgegengesetzter Seite bewirkt und die Farbenstrahlen wieder zusammen bringt.

Wir haben hier die Stelle B, wo die Farbenstrahlen aus dem Concavglase heraustreten, als einen Punct angenommen, als die gemeinschaftliche Spitze aller Winkel VBG, GBR u. s. w. Im strengsten Sinne hat zwar jeder Farbenstrahl seinen eigenen Durchschnittspunct mit der Glasfläche; allein die Strahlen haben sich hier bey B noch so sehr wenig von einander entfernt, daß wir in dieser Betrachtung die Stelle B als **einen** Punct annehmen durften.

Um indessen den Weg der Strahlen noch deutlicher darzustellen, wollen wir in der 55sten Figur die Stellen der Glasflächen, welche in der 54sten bey A und B befindlich sind, mehr ins Große zeichnen. Wir können diese Stellen ansehen, als wenn sie zwey Prismen angehörten, wovon das eine den brechenden Winkel aufwärts, das andere

ihn

ihn unterwärts kehrt. Der Weg der Strahlen fällt hier von selbst in die Augen, die Brechungen bey den inneren Glasflächen sind nicht mitgezeichnet, um die Figur nicht zu verwickelt zu machen. Die punctirten Linien EA und BF, CG, DH sind die Einfallslothe. Die Strahlen gehen nach der Brechung im zweyten Prisma parallel und werden als weißes Licht vom Auge empfunden, weil sie auf der Netzhaut in einem Punct zusammen kommen.

Bey dem Objectivglase Fig. 54 sollen sie in einen Punct K zusammen laufen, indessen ist der Winkel, unter dem die äußern Strahlen gegen die mittlern zusammen gehen, so sehr klein (indem die Stelle B oder in der 55. Figur BD eine äußerst unbedeutende Ausdehnung in Vergleichung mit der Brennweite hat) daß man auch hier die ausfahrenden Strahlen als äußerst nahe neben einander fortgehende Parallellinien ansehen kann.

68.

Fortsetzung.

Obiges wird meinen Lesern die Möglichkeit zeigen, wie durch eine Zusammensetzung eines Convexglases und etwas flächeren aber dafür stärker zerstreuenden Concavglases die Farben aufgehoben werden können. Das Convexe wird von Kronglas, das Concave von Flintglas geschliffen. Durch Zufügung noch eines convexen von Kronglas wird die Zerstreuung besonders für Puncte die nicht in der Achse des Fernrohrs liegen, noch vollkommener aufgehoben.

Das Galiläische Fernrohr ist zwar nicht achromatisch, aber doch hat es wegen des concaven Augenglases schon eine niedere Farbenzerstreuung, als das Sternrohr, und also viel Deutlichkeit für ein Rohr mit einfachem Objective, verträgt aus eben dem Grunde also ziemlich starke Vergrößerung; nur (wie aus Obigem bekannt ist) bey eingeschränktem Gesichtsfelde.

Jetzt möchte ich zum Schlusse noch für diejenigen unter meinen jungen Lesern, welche noch genauere Kenntniß von dieser Vorrichtung zu haben wünschen, einen Versuch machen, die dabey vorkommenden Größen durch Rechnung zu bestimmen, ohne jedoch zu weit in abschreckende Formeln zu führen.

Wenn

Wenn wir bey dem Uebergange aus Glas in Luft das Brechungsverhältniß, das wir bisher 3 : 2 oder welches einerley ist $\frac{3}{2}$: 1 setzten, allgemein so ausdrücken, daß der Brechungswinkel im Glase zur Einheit angenommen wird, so sey

	bey Kronglas	bey Flintglas
Brechungsverhältniß für die mittlern Strahlen	= n : 1	m : 1
für die äußern violetten (od. roth.)	= N : 1	M : 1
Brennweite		
für die mittlern	g	f
für die äußern	G	F

Die Brennweite beyder Gläser zusammengesetzt und als eins betrachtet, für die mittlern und äußeren Strahlen eine und ebendieselbe = k.

Wenn nun bey dem Converglase r und ϱ die Halbmesser der Flächen sind; so ist nach bekannter Formel

$$g = \frac{r\varrho}{(n-1)(r+\varrho)}$$

$$\text{und } G = \frac{r\varrho}{(N-1)(r+\varrho)}$$

$$\text{folglich } G = \frac{n-1}{N-1} g$$

und folglich auf eben die Art

$$F = \frac{m-1}{M-1} f$$

Für

Für das Concavglas ist g die Weite, in welcher die einfallenden Strahlen ohne die neue Brechung zusammengehen würden, also nach ebenfalls oben erläuterten Sätzen

$$k = \frac{f\,g}{f - g} \text{ für die mittlern}$$

und auch $k = \frac{F\,G}{F - G}$ für die äußeren

Folglich soll nach der Bestimmung des zusammengesetzten Objectivs

$$\frac{f\,g}{f - g} = \frac{F\,G}{F - G} \text{ seyn}$$

oder $fg\,(F - G) = FG\,(f - g)$

das ist, wenn wir F und G durch $\frac{m-1}{M-1}\,f$ und $\frac{n-1}{N-1}\,g$ ausdrücken

$$fg\left(\frac{m-1}{M-1}\,f - \frac{n-1}{N-1}\,g\right) = \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\cdot fg\,(f-g)$$

oder wenn wir beydes mit fg dividiren

$$\frac{m-1}{M-1}\,f - \frac{n-1}{N-1}\,g = \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\cdot(f-g)$$

$$= \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\,f - \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\cdot g$$

oder wenn wir die Glieder, welche f enthalten, auf die eine, und die, welche g enthalten, auf die andere Seite bringen

$$\left(\frac{m-1}{M-1} - \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\right) f = \left(\frac{n-1}{N-1} - \frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{n-1}{N-1}\right) g$$

oder

oder

$$\frac{m-1}{M-1}\left(1-\frac{n-1}{N-1}\right)f=\frac{n-1}{N-1}\left(1-\frac{m-1}{M-1}\right)g$$

oder

$$\frac{m-1}{M-1}\left(\frac{N-1-n+1}{N-1}\right)f=\frac{n-1}{N-1}\left(\frac{M-1-m+1}{M-1}\right)g$$

oder

$$\frac{m-1}{M-1}\cdot\frac{N-n}{N-1}\cdot f=\frac{n-1}{N-1}\cdot\frac{M-m}{M-1}\cdot g$$

oder da die Nenner $(N-1).(M-1)$ auf beyden Seiten dieselben sind

$$(m-1).(N-n).f=(n-1)(M-m)g$$

oder $\frac{N-n}{n-1}\cdot f=\frac{M-m}{m-1}\cdot g$

oder wenn wir die Gleichung in eine Proportion verwandeln

$$g:f=\frac{N-n}{n-1}:\frac{M-m}{m-1}$$

Diese Proportion giebt uns nun das Verhältniß der Brennweiten an, nach welchem das convexe Kronglas und concave Flintglas geschliffen werden müssen.

$N-n$ und $M-m$ sind aber die Unterschiede der Brechung der mittlern und äußern Strahlen, das heißt, die Größen der Zerstreuung.

$n-1$ und $m-1$ aber sind die Unterschiede des Einfallswinkels und Brechungswinkels der mittlern Strahlen, das heißt, der Größe der Brechung derselben; mithin

ist

ist $\frac{1}{n-1} : \frac{1}{m-1}$ das umgekehrte Verhältniß der Brechung des Kronglases und Flintglases.

Daher kann man also obige Proportion wörtlich so ausdrücken:

Die physische Brennweite des Kronglases und die geometrische des Flintglases müssen sich verhalten

gerade wie ihre Zerstreuungskraft und umgekehrt wie die Brechung.

Wenn wir also, um diese Analyse auf ein Exempel anzuwenden, mit Dollond annehmen

bey dem Krongronglase

für die mittleren Strahlen $n : 1 = 1{,}53 : 1$

für die äußern Strahlen $N : 1 = 1{,}54 : 1$

also $N - n = 0{,}01$

bey dem Flintglase

für die mittlern Strahlen $m : 1 = 1{,}58 : 1$

für die äußeren $M : 1 = 1{,}595 : 1$

also $M - m = 0{,}015$

so ist

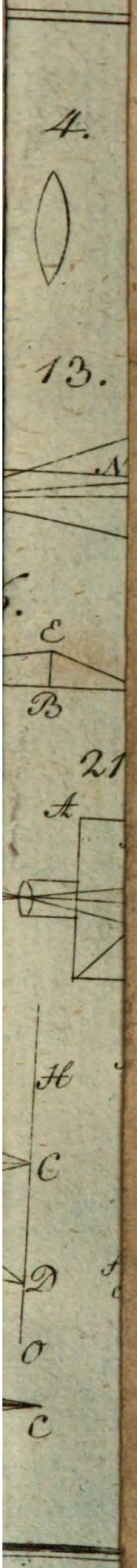
$$g : f = \frac{0{,}01}{0{,}53} : \frac{0{,}015}{0{,}58}$$
$$= 580 : 795$$
$$= 116 : 159$$
$$= 1 : 1{,}3706 \ldots$$

Also die geometrische Brennweite des concaven Glases muß nach Dollonds Versuchen gerechnet um $\frac{37}{100}$ größer genommen werden, als die

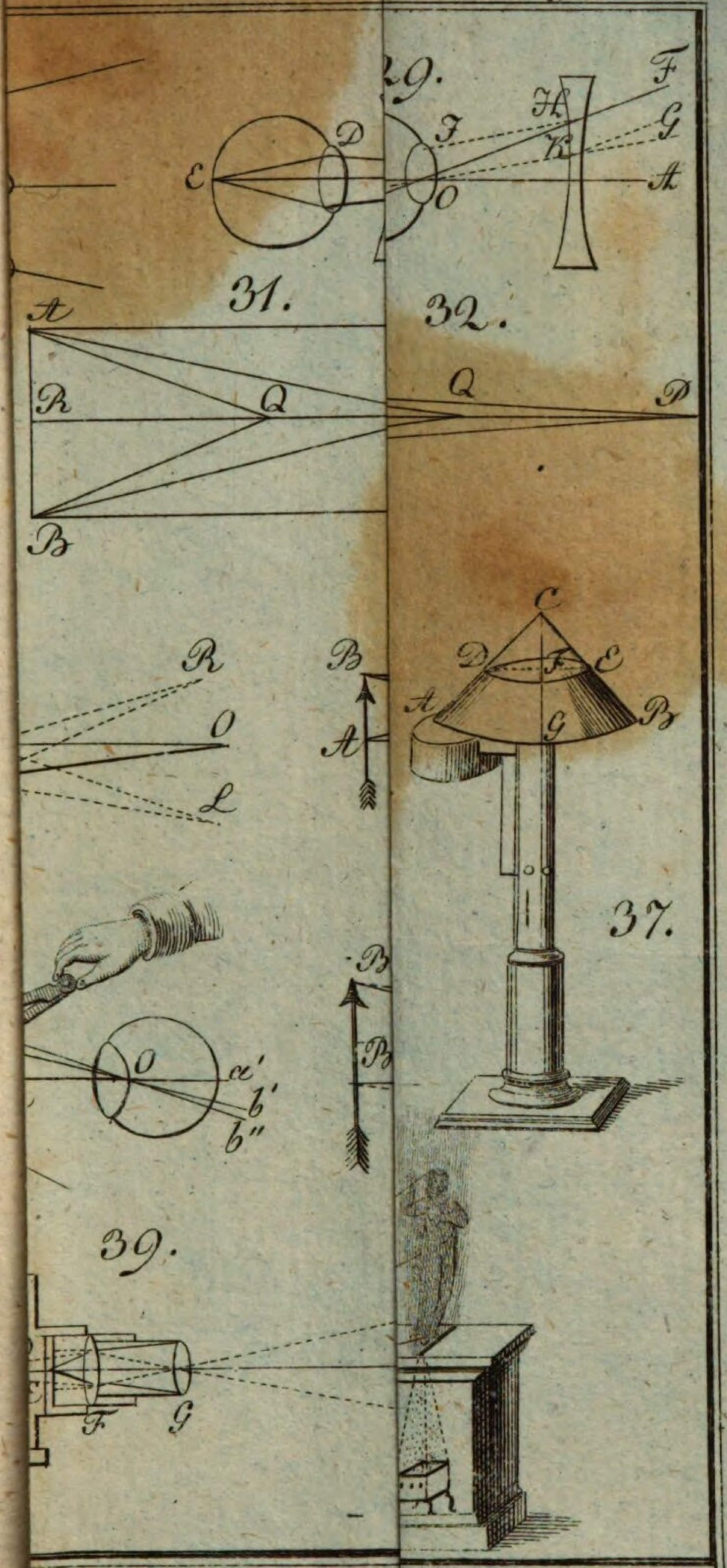
des

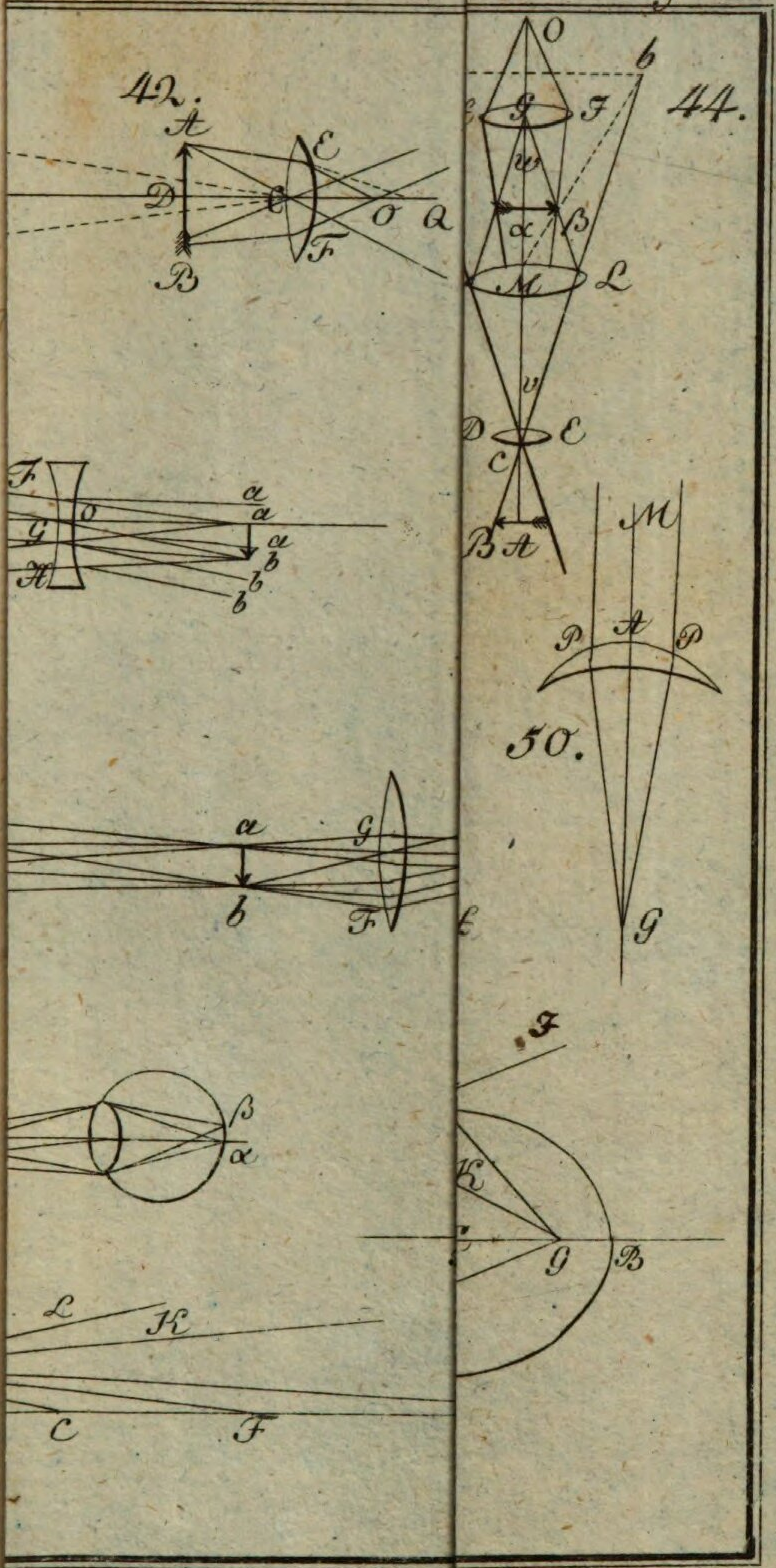
des converen. Vorhin ist schon gesagt worden, sie dürfte nicht noch einmal so groß seyn; hier haben wir nun die Bestimmung genauer gefunden, sie darf noch nicht um die Hälfte größer seyn.

Ich schließe hier diesen Theil der physikalischen Unterhaltungen mit dem Wunsche, daß der Inhalt meinen jungen Lesern nützlich und angenehm gewesen seyn möge.

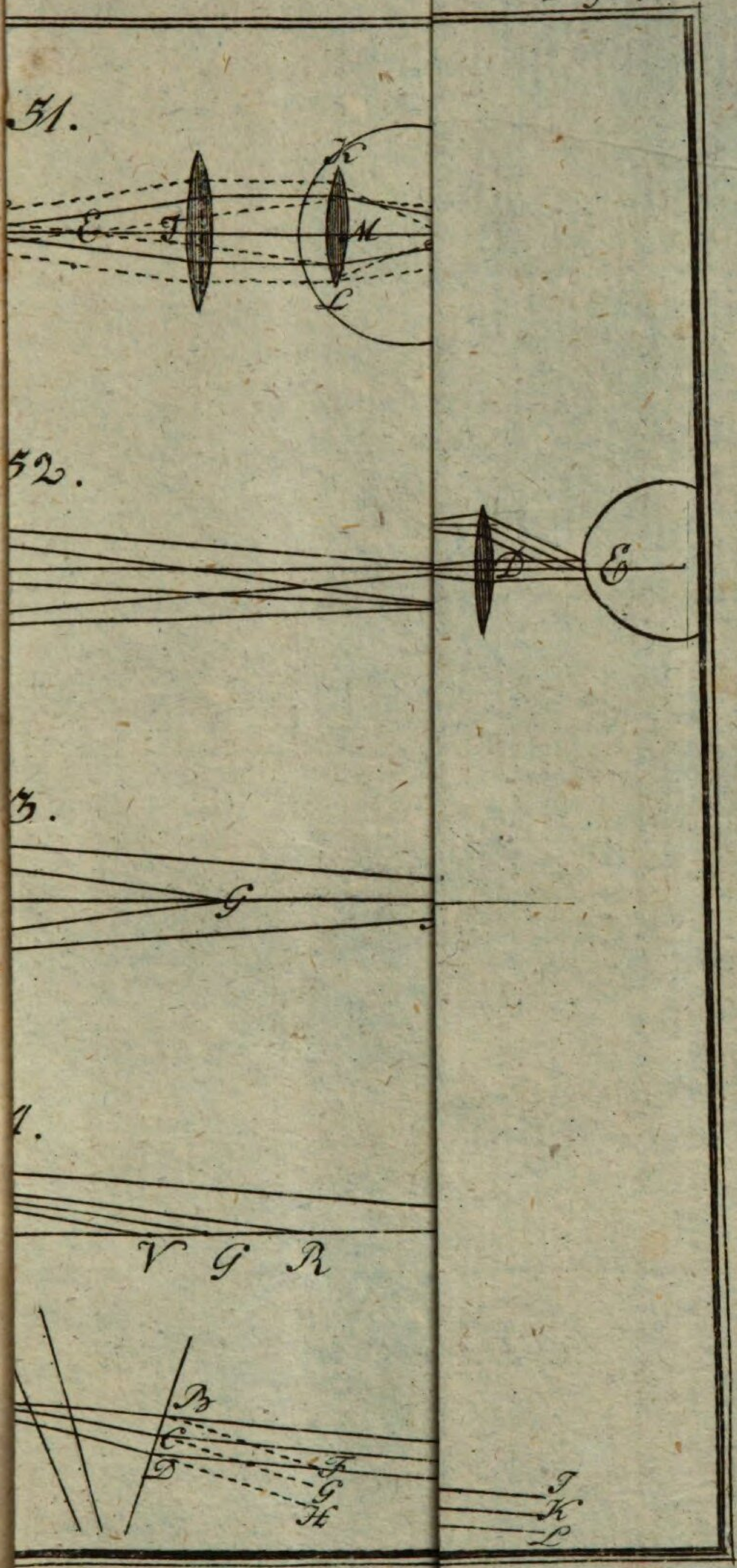

4.
13.
N
E
B
21
A
H
C
D
O
C

Taf. 2.




42.
44.
50.

Taf. 4.



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Vieth, Gerhard Ulrich Anton,

Physikalischer Kinderfreund

Bd.: 7

Leipzig (1804)

Regensburg, Staatliche Bibliothek -- 999/Philos.1936(7
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11110706-2